

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

**BEST AVAILABLE COPY**

(11)Publication number :

2002-202414

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/32  
B23K 26/06  
G02B 19/00  
G02B 27/09  
G03B 21/00  
G03B 21/14  
G03F 7/20  
G03F 7/22  
G03H 1/04  
H01L 21/027

(21)Application number : 2001-118995

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 18.04.2001

(72)Inventor : MIYAGAKI KAZUYA  
KAMEYAMA KENJI  
KATO IKUO  
AISAKA KEISHIN  
TAKIGUCHI YASUYUKI

(30)Priority

Priority number : 2000326422    Priority date : 26.10.2000    Priority country : JP

**(54) BEAM TRANSDUCER ELEMENT, ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM USING THE BEAM TRANSDUCER ELEMENT, ALIGNER, LASER PROCESSING MACHINE AND PROJECTION DEVICE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To transduce a beam with intensity distribution of Gaussian distribution into a uniform and parallel beam by using a hologram element and not using a lens with a special shape of a cross section.

**SOLUTION:** A beam transducer element 1 consists of a first hologram element 2 and a second hologram element 3 placed in parallel with each other. The first hologram element 2 is provided with a function of a concave lens and its focal length gets shorter being the nearer its center and the second hologram element 3 is provided with a function of a convex lens and its focal length gets shorter being the nearer its center. A light ray with significant intensity in the vicinity of a central part of a laser beam 4 is widely diverged by the first hologram element 2 and an angle of divergence caused by the first hologram element 2 gets smaller being the nearer its peripheral part. These light rays become a beam 5 with uniform intensity distribution with the second hologram element 3.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the beam sensing element characterized by consisting of the 1st hologram component and the 2nd hologram component by which parallel arrangement was carried out, its focal distance being so large that said 1st hologram component having a concave lens function and going to the core of a hologram, and its focal distance being so small that said 2nd hologram component having a convex lens function and going to the core of a hologram.

[Claim 2] Said 1st hologram component and said 2nd hologram component are a beam sensing element according to claim 1 characterized by being arranged so that it may become an oblique incidence system.

[Claim 3] The hologram pattern of said 1st hologram component and said 2nd hologram component is a beam sensing element according to claim 1 or 2 characterized by being formed in the shape of an array, respectively.

[Claim 4] The beam sensing element characterized by arranging two or more beam sensing elements according to claim 2 in the shape of an array.

[Claim 5] A laser light source, a collimate lens, and the illumination-light study system characterized by claim 1 thru/or consisting of the beam sensing element and lens array of a publication 4 either.

[Claim 6] Said collimate lens is an illumination-light study system according to claim 5 characterized by consisting of a hologram component which has a collimation function.

[Claim 7] Said lens array is an illumination-light study system according to claim 5 or 6 characterized by consisting of a hologram component which has a lens array function.

[Claim 8] In the illumination-light study system which serves as the laser array light source and the beam sensing-element section from a homogenizer As for the laser array light source, a light-emitting part is arranged in the shape of Rhine in the first half, and said beam sensing-element section has a lens function only in the array thickness direction of said laser array light source. Are formed with the 1st hologram component and the 2nd hologram component, and its focal distance is so large that said 1st hologram component has a concave lens function and goes to the core of a hologram. Said 2nd hologram component is an illumination-light study system characterized by a focal distance being so small that it having a convex lens function and going to the core of a hologram.

[Claim 9] The projection device characterized by claim 5 thru/or becoming the illumination-light study system of a publication, and a light valve from a projector lens 8 either.

[Claim 10] The grid pitch  $P$  in the field which is the beam sensing element which consists of a hologram component, and includes the plane of incidence or incident light shaft, and diffracted-light shaft of said hologram component is  $P = A + Bx + C \sin(Dx)$  when distance from the core of the incident beam by which incidence is carried out to said hologram component is set to  $x$ .

However, it is the beam sensing element characterized by being the modulation pitch expressed with the constant in which  $A$ ,  $C$ , and  $D$  contain constants other than zero in, and  $B$  contains 0.

[Claim 11] It is the beam sensing element to which it is the beam sensing element which consists of the 1st hologram component and the 2nd hologram component, and the modulation pitch  $P$  the grid pitch  $P$  of said 1st hologram component was indicated to be by claim 10 is formed, and the grid pitch of said 2nd

hologram component is characterized by setting up a grid pitch so that the angle of diffraction from said 2nd hologram component may become fixed.

[Claim 12] The beam sensing element characterized by the optical axis of the diffracted light of said 2nd hologram component being parallel to the incident light shaft to said 1st hologram component in a beam sensing element according to claim 11.

[Claim 13] When the diameter or width of face of said incident beam is set to  $W$  and the average angle of diffraction of  $\theta$  and said hologram component is set to  $\psi$  for the incident angle to said hologram component of said incident beam in a beam sensing element according to claim 10, the distance  $L$  in alignment with the incident light shaft from said hologram component to the irradiated section is  $L \geq W / \tan(\theta + \psi)$ .

The beam sensing element which comes out and is characterized by what is expressed.

[Claim 14] In a beam sensing element according to claim 12, set the diameter or width of face of an incident beam to  $W$ , and if the average angle of diffraction of  $\theta$  and said hologram component is set to  $\psi$ , the incident angle to said 1st hologram component of said incident beam The distance  $L_1$  which met the incident light shaft of said 2nd hologram component from said 1st hologram component, and the distance  $L_2$  in alignment with the incident light shaft from said 2nd hologram component to said irradiated section are  $L_1 \geq W / \tan(\theta + \psi)$ .

$L_2 \geq W / \tan(\theta + \psi)$

The beam sensing element which comes out and is characterized by what is expressed.

[Claim 15] claim 10 thru/or a claim -- the beam sensing element characterized by forming the grid pattern of said hologram component a predetermined repeat period on a hologram substrate in the beam sensing element of a publication 14 either.

[Claim 16] claim 10 thru/or a claim -- the beam sensing element characterized by arranging said hologram component in the shape of an array in the beam sensing element of a publication 14 either.

[Claim 17] In a beam sensing element according to claim 11 or 12 [ whether said 1st and 2nd hologram components are arranged in the shape of an array, and ] Or the grid pattern is formed in the hologram substrate in the shape of an array. It is  $L \geq W / \tan(\theta + \psi)$ , when a shield is arranged between the adjoining outgoing radiation beams, the distance  $L$  in alignment with the incident light shaft from said 2nd hologram component to the irradiated section sets the diameter or width of face of said incident beam to  $W$  and the average angle of diffraction of said 1st hologram component is set to  $\psi$ .

The beam sensing element which comes out and is characterized by what is expressed.

[Claim 18] at least -- a laser light source, and claim 10 thru/or a claim -- the aligner characterized by consisting of the beam sensing element and projection lens of a publication 17 either.

[Claim 19] at least -- a laser light source, and claim 10 thru/or a claim -- the laser beam machine characterized by becoming the beam sensing element of a publication from a condenser lens 17 either.

[Claim 20] at least -- a laser light source, and claim 10 thru/or a claim -- the projection device characterized by becoming the beam sensing element of a publication, and a space modulation light valve from a projector lens 17 either.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is suitable for the application to many technical fields, such as a projector, laser beam machining, and a stepper, about the illumination-light study system which makes the light source the beam sensing element and laser beam to which flattening of the beam intensity distribution of a laser beam is carried out in more detail about the illumination-light study system which used a beam sensing element and this, an aligner, a laser beam machine, and a projection device, and illuminates the irradiated section to homogeneity, an aligner, a laser beam machine, and the projection device using the illumination-light study system which makes a laser beam the light source.

[0002]

[Description of the Prior Art] The report about the special lens which can change beam intensity distribution into Nikkei Industrial Daily as of September 28, 1998 is indicated. Drawing 30 is drawing indicated by this report, and the special lens shown in drawing 30 has a special cross-section configuration in which the center section of the lens has the concave lens effectiveness, and a periphery has the convex lens effectiveness, and can change into a beam with uniform intensity distribution the beam which has roughness and fineness in intensity distribution. However, since the design of a lens configuration needs to produce the metal mold of a special cross-section configuration difficult to carry out with a lens changing into the parallel pencil of rays of uniform intensity distribution the beam which has roughness and fineness in intensity distribution, it becomes quantity cost.

[0003] Moreover, the light beam sensing element which consists of the 1st hologram and 2nd hologram is indicated by JP,8-94839,A. However, according to this light beam sensing element, since the light from each facet of the 1st hologram is irradiated all over the 2nd hologram, it is impossible to make all beams of light make it parallel by the 2nd hologram.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention the beam from the light source which was made in view of the Prior art and has roughness and fineness in intensity distribution to uniform intensity distribution in the irradiated section Or, without using the lens of a special cross-section configuration for the sensing element changed into the parallel pencil of rays of uniform intensity distribution It aims at offering the optical sensing element, illumination-light study system, and projection device which can change into uniform intensity distribution or the beam of uniform intensity distribution the beam from the light source which has roughness and fineness in intensity distribution using a hologram component in the irradiated section by low cost. Moreover, invention of each claim aims at the following matters.

[0005] (1) Intensity distribution aim at intensity distribution changing into a uniform beam the beam which has Gaussian distribution (claim 1).

[0006] (2) Intensity distribution can change into a uniform beam the beam which has Gaussian distribution, and intensity distribution aim at enabling it to use the two-beam-interference exposing method for production of a hologram component (claim 2).

[0007] (3) Aim at intensity distribution changing into a uniform beam the beam which has each Gaussian distribution of the laser array light source (claim 3).

[0008] (4) Intensity distribution change into a uniform beam the beam which has each Gaussian distribution of the laser array light source, and aim at an usable thing also in a small illumination-light study system (claim 4).

[0009] (5) Aim at illuminating the beam of a laser light source so that intensity distribution may become

uniform at the irradiated section (claim 5).

[0010] (6) Aim at illuminating the beam of a laser light source so that intensity distribution may become uniform at the irradiated section, and enabling the miniaturization of an illumination-light study system (claims 6 and 7).

[0011] (7) In the illumination-light study system which illuminates the beam of the laser array light source by which the light-emitting part was arranged in the shape of Rhine so that intensity distribution may become uniform at the irradiated section, even if the number of arrays of the laser array light source increases, aim at the design of an illumination-light study system being easy (claim 8).

[0012] (8) Aim at miniaturizing and high-performance-izing the projection device using a laser light source or the laser array light source (claim 9).

[0013] (9) Aim at making the design of a diffraction grating easy with the device which changes a Gaussian beam into homogeneity reinforcement using a diffraction grating (claim 10).

[0014] (10) With the device which changes a Gaussian beam into homogeneity reinforcement using a diffraction grating, the design of a diffraction grating is easy and aim at the outgoing radiation beam formed into homogeneity reinforcement being collimated (claim 11).

[0015] (11) Aim at making the design of a diffraction grating easy with the device which changes a Gaussian beam into homogeneity reinforcement using a diffraction grating, and the outgoing radiation beam formed into homogeneity reinforcement being collimated, and becoming incident light and parallel (claim 12).

[0016] (12) Aim at changing a Gaussian beam into homogeneity reinforcement further by making the design of a diffraction grating easy with the device which changes a Gaussian beam into homogeneity reinforcement using a diffraction grating, and removing unnecessary light from the irradiated section (claim 13).

[0017] (13) Aim at changing each Gaussian beam of laser array light into the beam of homogeneity reinforcement (claim 14).

[0018] (14) Change each Gaussian beam of laser array light into the beam of homogeneity reinforcement, and aim at the miniaturization of a beam conversion device (claim 15).

[0019] (15) With the easy beam conversion device of a hologram design, a Gaussian beam can be changed into homogeneity reinforcement by removing unnecessary light from the irradiated section, and aim at shortening distance to the irradiated section (claim 16).

[0020] (16) Aim at offering the aligner using the beam conversion device of low cost (claim 17).

[0021] (17) Aim at offering the laser beam machine using the beam conversion device of low cost (claim 18).

[0022] (18) Aim at offering the small projection device which has a laser light source using the beam conversion device of low cost (claim 19).

[0023] (19) Aim at offering the projection device using the small beam conversion device which made irradiance homogeneity high (claim 20).

[0024]

[Means for Solving the Problem] A focal distance is characterized by being a small beam sensing element, so that this invention is made in order to attain said purpose, the 1st technical means consists of the 1st hologram component and the 2nd hologram component by which parallel arrangement was carried out, its focal distance is so large that said 1st hologram component has a concave lens function and goes to the core of a hologram, said 2nd hologram component has a convex lens function and it goes to the core of a hologram.

[0025] The 2nd technical means is characterized by arranging said 1st hologram component and said 2nd hologram component so that it may become an oblique incidence system in the beam sensing element of the 1st technical means.

[0026] The 3rd technical means is characterized by forming the hologram pattern of said 1st hologram component and said 2nd hologram component in the shape of an array, respectively in the beam sensing

element of the 1st or 2nd technical means.

[0027] The 4th technical means is characterized by being the beam sensing element by which two or more beam sensing elements of the 2nd technical means are arranged in the shape of an array.

[0028] The 5th technical means is characterized by being a laser light source, a collimate lens, the beam sensing element of the 1-4th technical means, and the illumination-light study system that consists of a lens array.

[0029] Said collimate lens section is characterized by consisting of a hologram component for which the 6th technical means has a collimation function in the illumination-light study system of the 5th technical means.

[0030] Said lens array is characterized by consisting of a hologram component for which the 7th technical means has a lens array function in the illumination-light study system of the 5th or 6th technical means.

[0031] In the illumination-light study system to which the 8th technical means serves as the laser array light source and the beam sensing-element section from a homogenizer As for the laser array light source, a light-emitting part is arranged in the shape of Rhine in the first half, and said beam sensing-element section has a lens function only in the array thickness direction of said laser array light source. Are formed with the 1st hologram component and the 2nd hologram component, and its focal distance is so large that said 1st hologram component has a concave lens function and goes to the core of a hologram. It is characterized by said 2nd hologram component being an illumination-light study system with a small focal distance, so that it has a convex lens function and goes to the core of a hologram.

[0032] The 9th technical means is characterized by being the projection device which serves as the 5-8th illumination-light study systems and a light valve from a projector lens.

[0033] The grid pitch  $P$  in the field which the 10th technical means is a beam sensing element which consists of a hologram component, and includes the plane of incidence or incident light shaft, and diffracted-light shaft of said hologram component is  $P=A+Bx+C\sin(Dx)$  when distance from the core of the incident beam by which incidence is carried out to said hologram component is set to  $x$ .

However, it is characterized by being the modulation pitch expressed with the constant in which  $A$ ,  $C$ , and  $D$  contain constants other than zero in, and  $B$  contains 0.

[0034] The 11th technical means is a beam sensing element which consists of the 1st hologram component and the 2nd hologram component, the modulation pitch  $P$  indicated by claim 10 is formed, and the grid pitch  $P$  of said 1st hologram component is characterized by setting up a grid pitch, as for the grid pitch of said 2nd hologram component so that the angle of diffraction from said 2nd hologram component may become fixed.

[0035] The 12th technical means is characterized by the optical axis of the diffracted light of said 2nd hologram component being parallel to the incident light shaft to said 1st hologram component in the beam sensing element of the 11th technical means.

[0036] When the 13th technical means sets the diameter or width of face of said incident beam to  $W$  in the beam sensing element of the 10th technical means and the average angle of diffraction of  $\theta$  and said hologram component is set to  $\psi$  for the incident angle to said hologram component of said incident beam, the distance  $L$  in alignment with the incident light shaft from said hologram component to the irradiated section is  $L \geq W/\tan(\theta + \psi)$ .

It comes out and is characterized by what is expressed.

[0037] The 14th technical means sets the diameter or width of face of an incident beam to  $W$  in the beam sensing element of the 12th technical means, and if the average angle of diffraction of  $\theta$  and said hologram component is set to  $\psi$ , the incident angle to said 1st hologram component of said incident beam The distance  $L_1$  which met the incident light shaft of said 2nd hologram component from said 1st hologram component, and the distance  $L_2$  in alignment with the incident light shaft from said 2nd hologram component to said irradiated section are  $L_1 \geq W/\tan(\theta + \psi)$ .

$L_2 \geq W/\tan(\theta + \psi)$

It comes out and is characterized by what is expressed.

[0038] The 15th technical means is characterized by forming the grid pattern of said hologram component a predetermined repeat period on a hologram substrate in the beam sensing element of the 10-14th technical means.

[0039] The 16th technical means is characterized by arranging said hologram component in the shape of an array in the beam sensing element of the 10-14th technical means.

[0040] The 17th technical means is set to the beam sensing element of the technical means of the 11th or 12. Said 1st and 2nd hologram components are arranged in the shape of an array, or the grid pattern is formed in the hologram substrate in the shape of an array. It is  $L \geq W / \tan(\theta + \psi)$ , when a shield is arranged between the adjoining outgoing radiation beams, the distance L in alignment with the incident light shaft from said 2nd hologram component to the irradiated section sets the diameter or width of face of said incident beam to W and the average angle of diffraction of said 1st hologram component is set to  $\psi$ .

It comes out and is characterized by what is expressed.

[0041] The 18th technical means is characterized by being a laser light source, the beam sensing element of the 10-17th technical means, and the aligner that consists of a projection lens at least.

[0042] The 19th technical means is characterized by being the laser beam machine which serves as a laser light source and a beam sensing element of the 10-17th technical means from a condenser lens at least.

[0043] The 20th technical means is characterized by being the projection device which serves as a laser light source, a beam sensing element of the 10-17th technical means, and a space modulation light valve from a projector lens at least.

[0044]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains based on the examples 1-22 which show the gestalt of operation of this invention to drawing 1 -29.

(Example 1) Drawing 1 is drawing showing the beam sensing element of an example 1. The beam sensing element 1 of an example 1 consists of the 1st hologram component 2 and the 2nd hologram component 3, and both of each other are stationed in parallel. Although it has the function of a concave lens, the 1st hologram component 2 is designed so that a core is approached, a focal distance approaches around a lens greatly (that a focal distance is large will have the small die length of a focal distance since the focal distance of a concave lens is a negative value), and a focal distance may become small. The 1st hologram 2 is producible by the production approach of a computer generated hologram. Although it has the function of a convex lens, the 2nd hologram component 3 has so small that it approaches a core a focal distance, and it is designed so that it approaches on the outskirts, and a focal distance may become large. The 2nd hologram component 3 is also producible with a computer generated hologram.

[0045] A laser beam 4 carries out incidence of the beam sensing element 1 shown in drawing 1 to the 1st hologram component 2 from left-hand side. Usually, the beam profile of a laser beam is Gaussian distribution (Gaussian Distribution), and optical reinforcement decreases exponentially as the core of reinforcement of a beam is high and it approaches around a beam. The laser beam 4 shown in drawing 1 is also Gaussian distribution, and the field where optical reinforcement is stronger is drawing spacing of a line and a line narrowly in drawing 1. The beam of light with the powerful reinforcement near the core of a laser beam 4 is greatly emitted by the 1st hologram component 2 in response to the lens operation with a large (the die length of a focal distance is small) focal distance. The angle of divergence by the 1st hologram component 2 becomes small as it goes to the periphery of a laser beam 4. These beams of light serve as the parallel flux of light by the 2nd hologram component 3. And in order to carry out incidence of the light which goes to the 2nd hologram component 3 from the 1st hologram component 2 to the 2nd hologram component 3, without overlapping, the design top of making the light penetrated from the 2nd hologram component 3 make it parallel becomes possible. Therefore, it is convertible for the beam 5 which is collimation light about a Gaussian beam, and equalized irradiance by the 1st and



2nd hologram component 2 and 3.

[0046] (Example 2) Drawing 2 is drawing showing the beam sensing element of an example 2. The beam sensing element 6 of an example 2 consists of the 1st hologram component 7 and the 2nd hologram component 8 by which parallel arrangement was carried out. The 1st hologram component 7 has a concave lens function and a deviation function. A focal distance is large (the die length of a focal distance is ), and near the core of the 1st hologram component 7 is deflected in the direction of predetermined in an optical axis. the focal distance of the concave lens function is so small that it approaches around the 1st hologram component 7 (the die length of a focal distance is ) — it is designed like. On the other hand, the 2nd hologram component 8 has a convex lens function and a deviation function. It is designed so that a focal distance may become large, as the focal distance of a convex lens is so small that it approaches in the center of the 2nd hologram component 8 and it goes on the outskirts.

[0047] Optical reinforcement decreases exponentially as the intensity distribution are Gaussian distribution, and the laser beam 9 which carries out incidence to the 1st hologram component 7 has the high reinforcement near a center section and goes around a beam. The field where reinforcement is stronger narrows spacing of a line and a line, and expresses it with drawing 2 . By the 1st deviation function and concave lens function near a center section of the hologram component 7, near the center of the laser beam 9 of Gaussian distribution changes a travelling direction, and is emitted. The degree of emission of the circumference of the laser beam 9 of Gaussian distribution is small. If incidence of these beams is carried out to the 2nd hologram component 8, as a convex lens function and a deviation function show to drawing 2 , the parallel flux of light will be formed and intensity distribution will be changed into the uniform laser beam 10.

[0048] By using the hologram of an oblique incidence system like an example 2, a hologram is producible by the two-beam-interference exposing method as shown in drawing 12 . Although the two-beam-interference exposing method is possible also by using a vertical-incidence hologram, production of an efficient hologram is difficult. In the hologram of an oblique incidence system, the two flux of lights can be piled up from one side of the substrate 74 of a hologram record ingredient like drawing 12 . However, since the flux of light is irradiated from the both sides of a substrate 74 for producing a vertical-incidence type hologram by two beam interference, the effectiveness and the property of a hologram fall by the multiple echo by the rear face of a substrate 74. Therefore, in this configuration, the production degree of freedom of the beam sensing element which consists of two hologram components will become high.

[0049] (Example 3) Drawing 3 is drawing showing the beam sensing element of an example 3. The beam sensing element 11 of an example 3 consists of the 1st hologram component 12 and the 2nd hologram component 13. Incident light is the array light 14, for example, is a laser beam from the laser array light source. Although only two beams are expressed with drawing 3 , the number of arrays may be how many. The hologram of the field corresponding to the number of arrays of the array light 14 whose 1st hologram component 12 is incident light is given. In drawing 3 , the hologram is given to the 1st hologram component 12 to two fields according to two beams. Similarly, the hologram is given to the field which also doubled the 2nd hologram component 13 with the array light 14 of an incident beam. Since the configuration of the hologram of each field is the same as the hologram indicated by the example 1, explanation is omitted. By the configuration of an example 3, beam conversion of the array light 14 whose each is a Gaussian beam is carried out, respectively, and the array light 15 by which on-the-strength equalization was carried out is obtained.

[0050] (Example 4) Drawing 4 is drawing showing the beam sensing element of an example 4. The beam sensing element 16 of an example 4 consists of the 1st hologram component 17 and the 2nd hologram component 18. Incident light 19 is array light, for example, is a laser beam from the laser array light source. Although only two beams are displayed in drawing 4 , the number of arrays may be how many. The hologram of the number of fields corresponding to the number of arrays of the array light 19 whose

1st hologram component 17 is incident light is given. In drawing 4 , a hologram is given to the 1st hologram component 17 to two fields in accordance with two beams. Similarly, the hologram which also doubled the 2nd hologram component 18 with the number of incident beams is given. Since the configuration of the hologram of each field is the same configuration as the hologram used for the beam sensing element of an example 2, it omits explanation.

[0051] The array light 20 on-the-strength equalization was carried out [ the light ] in the array light 19 whose each is a Gaussian beam by the beam sensing element of an example 4, respectively and by which on-the-strength equalization was carried out by carrying out beam conversion is obtained. Moreover, the 1st and 2nd hologram component 17 and 18 used for an example 4 can also be produced by the two-beam-interference exposing method besides a computer generated hologram. In order to produce a hologram by the two-beam-interference exposing method, as shown in drawing 12 , a laser beam 75 is carried out by the half mirror 69 (or beam splitter) for 2 minutes. If , it is made to reflect by the mirror 70, and one beam is irradiated by the substrate 74 of a hologram record ingredient. If , make it reflect by the mirror 71, and it is made to condense with a lens 72, and another beam irradiates the substrate 74 of a hologram record ingredient. A mask 73 is arranged just before the substrate 74 of a hologram record ingredient, and it is made to make only a required field expose. By exchanging a lens 72 suitably so that it may become a focal distance suitable for the field, the focal distance of a hologram component is changeable. Furthermore, if a hologram component has a concave lens function and a focal location is in the point of the record ingredient 74 when the focal location of a lens 72 is carried out before the substrate 74 of a hologram record ingredient (arrangement shown in drawing 12 ), a convex lens function will be given.

[0052] (Example 5) Drawing 5 is drawing showing the beam sensing element of an example 5. The beam sensing element 21 of an example 5 consists of the 2nd hologram component 23a and 23b and -- with the 1st hologram component 22a and 22b and --. Although the beam sensing element 21 shown in drawing 5 is a two-set hologram component, it is doubled with the number of the array light 24 by which incidence is carried out. The array light 24 by which incidence is carried out is first diffracted with the 1st hologram component 22a and 22b. Each 1st hologram components 22a and 22b have a concave lens function, and they have the concave lens function that a focal distance is large, so that they approach the core of each component. The 2nd hologram component 23a and 23b has a convex lens function, and the core of each hologram component has the convex lens function that a focal distance is short.

[0053] Optical reinforcement is equalized by the configuration of the beam sensing element 21 of an example 5 as a result of making the array light 24 of Gaussian distribution of intensity distribution diffract with the hologram components 22a and 22b of two sheets. Since this actuation operates with all the array light 24, the laser array light 24 can be altogether transformed to the array light 25 of a homogeneity beam as a result. Moreover, since it is the hologram of an oblique incidence system, the two-beam-interference exposing method or a computer generated hologram is also producible. Furthermore, since a hologram component is arranged in the shape of an array, the die length of the incident light shaft orientations of the beam sensing-element section 21 can be summarized small.

[0054] (Example 6) Drawing 6 is drawing showing the illumination-light study system of the example 6 of this invention. The illumination-light study system 26 of an example 6 consists of condensing lenses 31 with the laser array light source 27, the collimate lens array 28, the beam sensing-element section 29, and the lens array 30, and irradiates the irradiated section 32. It must not have the collimate lens array 28 and it can omit the collimate lens array 28 by a design and arrangement of the beam sensing-element section 29 of a hologram component. What is necessary is to specifically design the light which carries out incidence to the 1st hologram component with emission light, and just to make it arrange further, so that incidence may be carried out to the 1st hologram component, before the emission light from each array of the laser array light source 27 laps. Moreover, a condensing lens 31 is not necessarily required and it is also possible to give the function of a condensing lens 31 to the lens array 30.

[0055] The beam sensing elements 11, 16, and 21 of examples 3-5 can be used for the beam sensing-

element section 29. As for each beam by which incidence is carried out to the lens array 30, the illuminance is equalized by the illumination-light study system 26 of an example 6. Each beam is irradiated with the lens array 30 and the condensing lens 31 at the irradiated section 32. In order to pile up each beam currently equalized in the irradiated section 32, illumination distribution also with the uniform irradiated section 32 is acquired. Furthermore, even if each beam of the laser array light source 27 has dispersion in optical reinforcement between each array of the laser array light source 27 in order to illuminate the irradiated section 32 whole respectively, it serves as uniform lighting in the irradiated section 32.

[0056] (Example 7) Drawing 7 is drawing showing the illumination-light study system of the example 7 of this invention. The illumination-light study system 33 of an example 7 consists of the light source 34, a hologram component 35 which has a collimate lens function, the beam sensing-element section 36, and the lens array 37 and a condensing lens 38, and irradiates the irradiated section 39. One laser or the laser array light source is sufficient as the light source 34. As for the hologram component 35 or the beam sensing-element section 36, in the case of the laser array light source, a hologram is formed in the shape of an array.

[0057] Each beam from the light source 34 is respectively formed into the parallel flux of light with the hologram component 35. In this phase, only by the parallel flux of light being formed, it is Gaussian intensity distribution and this beam carries out incidence to each beam at the beam sensing-element section 36. If the light source 34 is one laser, the beam sensing-element section 36 uses the beam sensing elements 1 and 6 of examples 1 or 2, and if it is the laser array light source, the beam sensing elements 11, 16, and 21 of examples 3-5 will be used for it. Each beam is changed into the beam of homogeneity illuminance distribution by the function of a beam sensing element. With the lens array 37 and a condensing lens 38, each homogeneity beam is laid on top of the irradiated section 39. Therefore, an illuminance also with the uniform irradiated section 39 is obtained. The function of the hologram component 35 can also give the beam sensing-element section 36. By the illumination-light study system 33 of an example 7, homogeneity lighting of a laser light source or the laser array light source can be carried out at the irradiated section 39. Furthermore, since it is also possible to put together to the hologram of the beam sensing-element section 36, the hologram component 35 can realize a still smaller illumination-light study system.

[0058] (Example 8) Drawing 8 is drawing showing the illumination-light study system of the example 8 of this invention. The illumination-light study system 40 of an example 8 consists of the light source 41, a hologram component 42 which has a collimate lens function, the beam sensing-element section 43, and a hologram component 44 which compounds each flux of light, and irradiates the irradiated section 45. One laser or the laser array light source is sufficient as the light source 41. As for the hologram components 42 and 44 or the beam sensing-element section 43, in the case of the laser array light source, a hologram is formed in the shape of an array. Each beam from the light source 41 is respectively formed into the parallel flux of light with the hologram component 42. In this phase, the parallel flux of light was only formed and they are intensity distribution Gaussian to each beam. This beam carries out incidence to the beam sensing-element section 43. If the light source 41 is one laser, a beam sensing element uses the beam sensing elements 1 and 6 of examples 1 or 2, and if it is the laser array light source, the beam sensing elements 11, 16, and 21 of three to example 6 publication can be used. Each beam turns into a beam of homogeneity illuminance distribution by the function of a beam sensing element. The hologram component 44 has the function with which the lens array 37 shown in drawing 7 by this one sheet and the condensing lens 38 combined.

[0059] By the illumination-light study system 40 of an example 8, homogeneity lighting of a laser light source or the laser array light source can be carried out at the irradiated section 45. Furthermore, since it is also possible to collect either or both to the hologram of the beam sensing-element section 43, the hologram components 42 and 44 can realize a still smaller illumination-light study system.

[0060] (Example 9) Drawing 9 is drawing showing the illumination-light study system of the example 9 of

this invention, drawing 9 (A) is a front view and drawing 9 (B) is a top view. The illumination-light study system 46 of an example 9 consists of the laser array light source 47, the lens array 48, a cylindrical lens 49, the beam sensing-element section 50, and the lens array 51 and cylindrical lenses 52 and 53, and irradiates the irradiated section 54. As for the laser array light source 47, the laser oscillation section is arranged in the shape of Rhine. Although the lens array 48 is shown by the collimate lens array, the cylindrical-lens array which does not have lens power in the laser array thickness direction is sufficient. The beam sensing-element section 50 has the function to change the Gaussian distribution property of the thickness direction of a laser array into a uniform beam. The lens array 51 and a cylindrical lens 52 are the homogenizers of the direction component of an array of the laser array light source 47. That is, only the number of partitions of the cylindrical-lens array 48 divides the array light formed into the parallel (to space inboard of drawing 9 (A)) flux of light in the direction of an array of the laser array 47, and each is piled up in the irradiated section 54 by the cylindrical lens 52. A cylindrical lens 53 is a lens for doubling the beam of the array thickness direction of the laser array 47 with the irradiated section 54. If the beam from the beam sensing-element section 50 has already suited the configuration of the irradiated section 54, a cylindrical lens 53 is not required of drawing 9 (B). Moreover, especially the cylindrical lens 49 is not required, either. What is necessary is just to design the beam sensing-element section 50 in consideration of incident light being emission light, when there is no cylindrical lens 49.

[0061] The lens array 48 is in agreement with the number of arrays of the laser array light source 47. The lens array 51 is preferably lessened rather than the number of laser arrays, and chooses the number of partitions which is not a divisor of the number of laser arrays. Although the beam reinforcement in each array of the lens array 51 will pile up and be put together in the irradiated section 54, since it is not the divisor of the number of arrays, it shifts, and it piles up, and the phase of each beam intensity distribution is put together, and is equalized. By the illumination-light study system 46 of an example 9, the hologram design of the beam sensing-element section 50 can be designed, without being dependent on the number of arrays of the light source. Moreover, even if it does not make the homogenizer section into the number of partitions like the number of arrays of the light source, homogeneity lighting is possible for it. Therefore, a design and production become still easier.

[0062] (Example 10) Drawing 10 is drawing showing the projection device of the example 10 of this invention. The projection device 55 of an example 10 consists of laser light sources 56r, 56g, and 56b, illumination-light study systems 57r, 57g, and 57b, light valves 58r, 58g, and 58b, and the color composition component 59 and a projector lens 60. When laser light sources 56r, 56g, and 56b are one laser beam respectively, the beam sensing elements 1 and 6 of examples 1 or 2 can be used for the illumination-light study systems 57r, 57g, and 57b. Moreover, when laser light sources 56r, 56g, and 56b are arrays, the beam sensing elements 11, 16, and 21 of examples 3-5 are used for the illumination-light study systems 57r, 57g, and 57b. For example, a liquid crystal light valve can be used for light valves 58r, 58g, and 58b. In order to lead light to the pupil of a projector lens efficiently, a field lens may be arranged just before each light valves 58r, 58g, and 58b. By the projection device 55 of an example 10, a homogeneity illuminance is obtained on light valves 58r and 58g and 58b, and illuminance equalization can be attained on a screen (not shown) with a projector lens 60.

[0063] (Example 11) Drawing 11 is drawing showing the projection device of the example 11 of this invention. Three projection devices 61 of an example 11 can be located in a line in the laser array light sources 62r, 62g, and 62b, and are the examples using the light valve 67 of the veneer. Just behind the laser array light sources 62r, 62g, and 62b, the hologram components 63r, 63g, and 63b which have a collimate lens or a collimate lens function are arranged, and these consist of the beam sensing-element sections 64r, 64g, and 64b, the flux of light composition sections 65r, 65g, and 65b, a field (if ) lens 66, a light valve 67, and a projector lens 68. The beam sensing elements 11, 16, and 21 of examples 3-5 are used for the beam sensing-element sections 64r, 64g, and 64b. The flux of light composition sections 65r, 65g, and 65b may be constituted from a lens array and a condensing lens, and may consist of

hologram components. According to the configuration of the projection device 61 of an example 11, the small projection device which used the laser light source is realizable.

[0064] (Example 12) Drawing 13 is drawing showing the beam sensing element of an example 12. The beam sensing element 81 of an example 12 consists of a hologram component 82 and the irradiated section 83, and incidence of the beam 86 with uneven intensity distribution is carried out to the hologram component 82. Although a laser beam tends to equalize incident light, if it is extent which should just be equalized from the beam of a basis, beams other than a laser beam are sufficient. For example, light emitting diode and the incoherent homogeneous light are sufficient. However, it is necessary to be the incident light which has a beam profile near the Gaussian beam or Gaussian one to which beam-of-light reinforcement becomes high toward the core of a beam. The design of the hologram component 82 is performed as follows.

[0065] It is made for the grid pitch of the cross section which cut the hologram component 82 to fill (a formula 1) with a field (flat surface which is parallel to the space of drawing 13 and passes along the core of incident light) including the incident light shaft 84 and the diffracted-light shaft 85.

$P=A+Bx+C\sin(Dx)$  (formula 1)

However, when the constant, for example, incident light, in which A, C, and D contain constants other than zero in, and B contains 0 is a circular Gaussian beam, A expresses the grid pitch of the location through which an incident light shaft passes. B is a value related to the ratio of the difference of the grid pitch of the both ends of a beam, and the die length of a hologram field in drawing 13. C is weighting of a sinusoidal function and D is a parameter which makes a half period from the core of a hologram field to an edge.

[0066] The range of constants A, B, C, and D is as follows. Although A changes with wavelength of incident light, it is  $0 < A < 20$  (micrometer) in general. Although B, C, and D change with the magnitude of the hologram side of a hologram component, or relative positions with the irradiated section, it is  $-2 < B < 2$  (micrometer),  $-1 < C < 1$  (micrometer), and  $-0.3 < D < 0.3$  (rad/micrometer) in general.

[0067] Drawing 14 is  $A = 0.5$  (micrometer),  $B = 6.84 \times 10^{-5}$  (micrometer),  $C = -7.1 \times 10^{-3}$  (micrometer), and  $D = 1.37 \times 10^{-2}$  (rad/micrometer) as an example of constants A, B, C, and D.

It is drawing showing the relation between the distance from the core of a hologram component when carrying out, and a grid pitch, and drawing 15 is drawing showing signs that the incident light profile of Gaussian distribution is changed into a uniform beam profile using the beam sensing element of drawing 13. As shown in drawing 15, the incident beam (Gaussian distribution) of 30 angles of incidence is changed into the beam by which beam-of-light reinforcement was equalized in the drawing 13 side. In the irradiated section 83, it is circular by performing this design also in the direction [\*\*\*\* / the space of drawing 13 / un-], and beam-of-light reinforcement becomes homogeneity.

[0068] When using for example, an electron-beam-lithography machine etc. and producing the so-called computer hologram, production of a hologram can use (a formula 1) and can carry out numerical assignment of the grid pitch. For this reason, production of a hologram also becomes easy. It is possible to make the pattern of the metal mold for mass-producing surface relief by this processing method or the master hologram for volume hologram mass production. For this reason, the beam sensing element of low cost is realizable with this invention.

[0069] (Example 13) Drawing 16 is drawing showing the beam sensing element of an example 13, and drawing 17 is drawing showing the relation between the distance from the core of the 2nd hologram component, and a grid pitch. The beam sensing element 88 of an example 13 consists of the 1st hologram component 89 and the 2nd hologram component 90. The modulation pitch as which the 1st hologram component 89 is expressed in (a formula 1) is formed. As for the light 95 diffracted with the 1st hologram component 89, breadth and the light from the circumference of incident light are compressed on the 2nd hologram component 90 on the 2nd hologram component 90 as explanation of an example 12, as for near the center of the incident light 94 of a Gaussian profile. The grid pitch of the 2nd hologram component 90 is expressed with drawing 17. This example is the case where outgoing

radiation of the angle of diffraction of the outgoing radiation light 96 from the 2nd hologram component 90 is carried out as a collimation light at 15 degrees, when the grid shown in drawing 16 as 1st hologram component 89 is used. In the example of drawing 16, although the 1st hologram component 89 leans to incident light 92, even if it arranges perpendicularly, a modulation pitch can be designed.

[0070] Since a Gaussian beam is made to homogeneity reinforcement as a collimation light using the hologram component of two sheets, homogeneity is held even if the distance of the irradiated section 91 and the 2nd hologram component 90 changes. For this reason, the distance of the beam sensing element 88 and the irradiated section 91 can be set as arbitration, and the degree of freedom of installation is high.

[0071] (Example 14) Drawing 18 is drawing showing the beam sensing element 97 of an example 14, and drawing 19 is drawing showing the relation between the distance from the core of the 2nd hologram component, and a grid pitch. As shown in drawing 18, the beam sensing element 97 of an example 14 consists of the 1st 98 holograms and the 2nd hologram component 99, and it designs a hologram so that the optical axis 101,102 of incident light 103 and the outgoing radiation light 105 may become parallel. Namely, what is necessary is just to make the 2nd hologram component 99 into the modulation pitch shown in drawing 19, when it is the grid pitch the 1st hologram component 98 is indicated to be to drawing 14, for example. Drawing 19 is a grid pitch in case the 2nd hologram component 99 has been perpendicularly arranged to incident light 103. Since whenever [ angle-of-diffraction ] is decided that it becomes parallel [ the diffracted light 105 from the 2nd hologram component 99 ] to incident light 103 since the incident angle of each beam of light from the design value of the grid pitch of the 1st hologram component 98 to the 2nd hologram component 99 is decided, the grid pitch of the 2nd hologram component 99 is called for.

[0072] Since a Gaussian beam is made to a homogeneous radiation illuminance as a collimation light using the hologram component of two sheets, the homogeneity of irradiance is held even if the distance of the irradiated section 100 and the 2nd hologram component 99 changes. For this reason, the distance to the irradiated section 100 can be chosen freely. In addition, since the incident light shaft 101 and the outgoing radiation optical axis 102 become parallel, when using the beam sensing element of this invention for a part of optical system, it becomes easy to design other optical system. Although the 1st hologram component 98 and the 2nd hologram component 99 are not parallel in drawing 18, even if parallel, the grid pitch of both the holograms component can be designed. If both the holograms component is parallel arrangement, the diffracted light from the 1st hologram component 98 will become the same as the grid pitch of the 1st hologram component 98 in the location inputted into the 2nd hologram component 99.

[0073] (Example 15) Drawing 20 is drawing showing the beam sensing element of an example 15. The beam sensing element 111 of an example 15 has the hologram component 112 and the irradiated section 113, and homogeneity lighting of the irradiated section 113 is carried out by the diffracted light 115 from the hologram component 112 of a modulation pitch expressed with (a formula 1). The design of the modulation pitch of the hologram component 112 is as having been explained to the example 12. The distance L in alignment with the incident light shaft from the edge of the hologram component 112 to the edge of the irradiated section 113 is arranged to the appearance shown in (a formula 2).

$L \geq W / \tan(\theta + \psi)$  (formula 2)

Here, W expresses the diameter of an incident beam, or the width of face of the beam in plane of incidence,  $\theta$  is an incident angle to the hologram component 112, and  $\psi$  is the average angle of diffraction of a hologram component.

[0074] The light 116 diffracted and penetrated with the hologram component 112 by this configuration separates from the irradiated section 113. Therefore, the homogeneity of the beam in the irradiated section 113 becomes good. Although not illustrated, if the distance L which maintained the relation of a formula 2 is set up even if the irradiated section 113 may be parallel to the hologram component 112 and the hologram component 112 and the irradiated section 113 are further arranged at right angles to



both incident light shafts, the hologram transmitted light 116 which is unnecessary light can be removed from the irradiated section 113. Although not illustrated, it is possible to remove the unnecessary transmitted light from the irradiated section by setting up the distance from a hologram component to the irradiated section so that (a formula 2) may be filled also with the case of the beam conversion device which made the hologram component arrange in the shape of an array in the below-mentioned examples 17 and 18.

[0075] (Example 16) Drawing 21 is drawing showing the beam sensing element of an example 16. The beam sensing element of an example 16 consists of the 1st hologram component 118 and the 2nd hologram component 119. It has the modulation pitch as which the grid is expressed in (a formula 1), and incident light 121 is further diffracted by the 2nd hologram component 119, and becomes parallel to an incident light shaft, and the 1st hologram component 118 is outputted with the collimation light 123. Distance L1 which met the incident light shaft of the 1st hologram component 118 and the 2nd hologram component 119 like drawing 21 is made into the distance shown by (the formula 3), and it is  $L1 \geq W/\tan(\theta + \psi)$ . (formula 3)

Furthermore, the distance L2 in alignment with the incident light shaft from the 2nd hologram component 119 to the irradiated section 120 is set as the distance shown by (the formula 4).

$L2 \geq W/\tan(\theta + \psi)$  (formula 4)

[0076] According to this configuration, the light 125 penetrated without the light 124 penetrated without diffracting from the 1st hologram component 118 separating from the irradiated section 120, diffracting it with the 1st hologram component 118 further, and diffracting it with the 2nd hologram component 119 separates from the irradiated section 120. For this reason, only the light 123 diffracted with both the 1st hologram component 118 and the 2nd hologram component 119 reaches the irradiated section 120. For this reason, a homogeneous high collimation light as the design without flare light is obtained. When L1 and L2 choose the minimum distance with which (a formula 4) is filled, respectively (formula 3), a small beam sensing element is obtained.

[0077] (Example 17) Drawing 22 is drawing showing the beam sensing element of an example 17. The beam sensing element 131 of an example 17 carries out homogeneity lighting of the laser array light 134 by the hologram component 132 at the irradiated section 133. In drawing 22, since a Gaussian beam consists of two, there will be the two same grid patterns in the hologram component 132. If a grid pattern is produced according to the number and the array direction of a laser array, the number of arrays is arbitrary. In addition, in order to arrange the pattern with the same grid pattern in the shape of an array, the substrate 132 and the irradiated section 133 of a hologram need to be parallel. Although not illustrated, when the irradiated section 133 is not parallel to the hologram substrate 132, grid patterns differ for every array.

[0078] Drawing 23 is drawing showing the configuration from which the beam sensing element of an example 17 differs. The beam sensing element 136 consists of the 1st hologram component 137 and the 2nd hologram component 138. The grid pattern of the shape of an array given to the 1st hologram component 137 has the modulation pitch expressed respectively (formula 1). The 2nd hologram component 138 is used as the 1st hologram component at parallel. For this reason, all grid patterns should just make the same pattern arrange [ component / both / holograms ] in the shape of an array. Moreover, in drawing 23, although it is not parallel, even if the 2nd hologram component 138 and the irradiated section 139 are parallel, they are possible for designing the 2nd hologram component 138. Laser array light of a Gaussian beam can be made into uniform irradiance in the irradiated section 139 for every array light by this invention.

[0079] (Example 18) Drawing 24 is drawing showing the beam sensing element of an example 18. As for the beam sensing element 142 of an example 18, the hologram components 143a and 143b are arranged in the shape of an array. According to the laser array light 145 with the property of a Gaussian beam, the hologram component arrays 143a and 143b are arranged. If the number of arrays increases in leaning a hologram component to an incident beam like drawing 23, a hologram component (137,138 of drawing

23 ) will become long in the direction of an optical axis. If a hologram component is made to arrange like this configuration, thickness of the direction of an optical axis can be used as a compact.

[0080] (Example 19) Drawing 25 is drawing showing the beam sensing element of an example 19. As for the beam sensing element 147 of an example 19, 148b, and 149b, 148c and 149c constitute 1 set of beam sensing elements, respectively in 1st hologram component 148a, 2nd hologram component 149a, and this appearance. These are arranged in the shape of an array. The Gaussian distribution of beam 152a of one of incidence array light is changed into uniform irradiance by the beam sensing element. Shields 151a and 151b are arranged among the adjoining outgoing radiation beams 153a, 153b, and 153c. The light (light shown by the dotted line by drawing 25 ) penetrated without diffracting by hologram component 149a of [ 2nd ] the diffracted lights of 1st hologram component 148a does not reach the irradiated section 150 by electric shielding version 151a. Since these shields 151a and 151b are arranged in the shape of an array, uniform irradiance distribution is acquired in the irradiated section 150. Furthermore, the distance L which met the incident light shaft from 2nd hologram component 149a to the irradiated section 150 by placing these shields 151a and 151b should just fulfill [ width of face ] the average angle of diffraction of W and 1st hologram component 148a for the angle of incidence to 1st hologram component 148a, when the diameter or width of face of theta and one incident beam is set to psi (formula 2). It is  $L \geq mW / \tan(\theta + \psi)$ , in order not to arrange a shield but for the number of an incident beam to remove the unnecessary light from m, then 2nd hologram component 149a from the irradiated section 150 temporarily.

It needs to be alike and it is necessary to carry out. Therefore, distance with the irradiated section can be shortened by this invention  $1/m$ . In addition, although the number of the beams of incident light is three in drawing 2525 , the number of arrays is learned two or more, and even if it is shoes, the effectiveness of this invention is acquired.

[0081] Drawing 26 is deformation of the beam sensing element of an example 19, and shows the example which consists of a hologram component 154, 155 of two sheets formed in the shape of an array in the grid pattern on the hologram substrate, and a shield 157. Although irradiance is equalized by the 1st hologram component 154 and the 2nd hologram component 155 (159a) and one beam 158a of incident light goes to the irradiated section 156 by them also in this example, the light (light shown by the dotted line) penetrated with the 2nd hologram component 155 is cut with a shield 157, and does not reach the irradiated section 156. Although the beam of incident light shows two examples by drawing 26 , the number of arrays is learned two or more, and even if it is shoes, the effectiveness of this invention is acquired. By this invention, array light which has a Gaussian profile can be made into homogeneous radiation reinforcement, and distance to this device and the irradiated section can be shortened.

[0082] (Example 20) Drawing 27 is drawing showing the aligner of an example 20. The aligner 160 of an example 20 consists of one of the beam sensing elements 162 explained in a laser light source 161 and the examples 12-19, a reticle 163, a projection lens 164, and substrate stage 165 grade. The reinforcement of the Gaussian distribution from a laser light source 161 turns into a homogeneous radiation illuminance by the beam sensing element 162, and illuminates a reticle 163. The pattern of a reticle 163 is exposed by the wafer placed on the substrate stage 165. Although not illustrated, a collimate lens may be arranged between a laser light source 161 and the beam sensing element 162. Moreover, the optical system which makes a beam expand and form into the parallel flux of light depending on a laser light source may be used. The aligner using the small beam sensing element which consisted of hologram components which are easy to design and which made irradiance homogeneity high can be offered.

[0083] (Example 21) Drawing 28 is drawing showing the laser beam machine of an example 21. The laser beam machine 170 of an example 21 consists of one of the beam sensing elements 172 explained in a laser light source 171 and the examples 12-19, a lens 173, and work-piece 174 grade. The laser beam machine 170 of this invention changes the laser beam from a laser light source 171 into a homogeneity beam by the beam sensing element 172, and is condensed by the work piece 174 with a lens 173.



Surface treatment and cutting processing of a work piece 174 can be performed by the condensing spot. Moreover, in the arrangement which transposes a lens 173 to a projection lens, or the irradiated section uses as a direct work piece, since homogeneity lighting can be carried out over the large range of a work piece, it can use also as laser annealing. Although not illustrated, a collimate lens may be arranged between a laser light source 171 and the beam sensing element 172. Moreover, the optical system which makes a beam expand and form into the parallel flux of light depending on a laser light source 171 may be used. The hologram component which is easy to design can be used, or the laser beam machine using the small beam sensing element which made irradiance homogeneity high can be offered.

[0084] (Example 22) Drawing 29 is drawing showing the projection arrangement of an example 22. The projection device 180 of an example 22 consists of one of beam sensing elements 182 explained in a laser light source 181 and the examples 12-19, a light valve 183, and projector lens 184 grade. The image by which the beam of the Gaussian distribution reinforcement of a laser beam was changed into the beam of homogeneity reinforcement by the beam sensing element 182, and the space modulation was carried out by the RAIDO bulb 183 is projected on a screen (it omits by a diagram) with a projector lens 184. The RAIDO bulb 183 can use a liquid crystal device. Although not illustrated, a collimate lens may be arranged between a laser light source 181 and the beam conversion device 182. Moreover, the optical system which makes a beam expand and form into the parallel flux of light depending on a laser light source 181 may be used. The hologram component which is easy to design can be used, or the projection device using the small beam conversion device which made irradiance homogeneity high can be offered.

[0085]

[Effect of the Invention] The beam sensing element, illumination-light study system, and projection device which change into conversion or the collimation light of homogeneity intensity distribution the beam which has roughness and fineness in intensity distribution in the irradiated section at homogeneity intensity distribution can be offered without using the lens of a special cross-section configuration according to this invention so that clearly from the above explanation.

[0086] (1) According to invention of claim 1, the beam with Gaussian distribution of a laser beam is convertible for the beam of uniform intensity distribution with collimation light by using the hologram of two sheets.

[0087] (2) According to invention of claim 2, the beam sensing element to which the degree of freedom of the producing method becomes high is obtained by using the hologram component of an oblique incidence system.

[0088] (3) According to invention of claim 3, each Gaussian distribution of laser array light is convertible for the beam of homogeneity intensity distribution by producing a beam conversion pattern in the shape of an array for the hologram component of two sheets.

[0089] (4) Since it is the optical system which can transform all laser array light to the beam of homogeneity intensity distribution according to invention of claim 4, the degree of freedom of hologram production is high, and can make thickness of a beam transducer small.

[0090] (5) According to invention of claim 5, since the illumination-light study system was formed using one beam sensing element of claims 1-4, the laser beam which has Gaussian distribution can be illuminated to homogeneity at the irradiated section. Moreover, when the laser array light source is used as a laser light source, since it illuminates the whole irradiated section respectively, even if each beam has dispersion in optical reinforcement between each array, it can be considered as uniform lighting in the irradiated section.

[0091] (6) Since the hologram component of a collimation function can also be together put to the hologram of the beam sensing-element section according to invention of claim 6, a still smaller illumination-light study system is realizable.

[0092] (7) Since the hologram component for a collimation function and beam composition can also collect either or both to the hologram of the beam sensing-element section according to invention of

claim 7, a still smaller illumination-light study system is realizable.

[0093] (8) According to invention of claim 8, the hologram design of the beam sensing-element section can be designed, without being dependent on the number of arrays of the light source. Moreover, even if it does not make the homogenizer section into the number of partitions like the number of arrays of the light source, it can be illuminated to homogeneity.

[0094] (9) According to invention of claim 9, the small projection device using a laser light source is realizable.

[0095] (10) According to invention of claim 10, since the modulation pitch which makes a Gaussian beam equalize by the hologram component can be expressed with an easy formula, it is easy to design, and production can realize an easy beam sensing element by the computer hologram.

[0096] (11) According to invention of claim 11, since the modulation pitch which makes a Gaussian beam equalize by the hologram component can be expressed with an easy formula, it is easy to design, production is easy at a computer hologram, since the light changed further is collimated, the distance of a beam conversion device and the irradiated section can be set as arbitration, and the degree of freedom of installation can realize a high beam sensing element.

[0097] (12) According to invention of claim 12, since the modulation pitch which makes a Gaussian beam equalize by the hologram component can be expressed with an easy formula, are easy to design, and production is easy at a computer generated hologram. Since the light furthermore changed is collimated, the distance of a beam sensing element and the irradiated section can be set as arbitration, and the beam sensing element which is easy to use when using for other optical system, since the degree of freedom of installation is high and the optical axis after incident light and conversion is parallel can be realized.

[0098] (13) According to invention of claim 13, since the modulation pitch which makes a Gaussian beam equalize by the hologram component can be expressed with an easy formula, it is easy to design, and production can be easy at a computer generated hologram, the transmitted light which does not contribute to equalization of irradiance can be removed from the irradiated section, and irradiance equalization can realize a good beam sensing element.

[0099] (14) According to invention of claim 14, since the modulation pitch which makes a Gaussian beam equalize by the hologram component can be expressed with an easy formula, are easy to design, and production is easy at a computer generated hologram. The transmitted light which does not contribute to equalization of irradiance can be removed from the irradiated section. Since irradiance equalization becomes good and can take out the beam after conversion as a collimation light, the distance of a beam sensing element and the irradiated section can be set as arbitration, and the degree of freedom of installation can realize a high beam sensing element.

[0100] (15) According to invention of claim 15, since the modulation pitch which can carry out irradiance equalization of the array beam of a Gaussian profile by the hologram component can be expressed with an easy formula, it is easy to design, and a beam sensing element easily producible by the computer hologram can be realized.

[0101] (16) According to invention of claim 16, since the modulation pitch which can carry out irradiance equalization of the array beam of a Gaussian profile by the hologram component can be expressed with an easy formula, it can be easy to design, and it can produce easily by the computer hologram, and the beam sensing element as for which thickness of the direction of an optical axis of a beam sensing element is made to a compact can be realized.

[0102] (17) According to invention of claim 17, since the modulation pitch which can carry out irradiance equalization of the array beam of a Gaussian profile by the hologram component can be expressed with an easy formula, it can be easy to design, and it can produce easily by the computer generated hologram, and the small beam sensing element which can remove the unnecessary light from the hologram component which adjoined with the shield from the irradiated section can be realized.

[0103] (18) According to invention of claim 18, it consists of hologram components which are easy to

design, and the aligner using the small beam sensing element which made irradiance homogeneity high can be realized.

[0104] (19) According to invention of claim 19, it consists of hologram components which are easy to design, and the laser beam machine using the small beam sensing element which made irradiance homogeneity high can be realized.

[0105] (20) According to invention of claim 20, it consists of hologram components which are easy to design, and the projection device using the small beam sensing element which made irradiance homogeneity high can be realized.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the beam sensing element of the example 1 of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the beam sensing element of the example 2 of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the beam sensing element of the example 3 of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the beam sensing element of the example 4 of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the beam sensing element of the example 5 of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the illumination-light study system of the example 6 of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the illumination-light study system of the example 7 of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the illumination-light study system of the example 8 of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the illumination-light study system of the example 9 of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the projection device of the example 10 of this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing the projection device of the example 11 of this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing the equipment which produces a hologram by the two-beam-interference exposing method using the hologram of an oblique incidence system.

[Drawing 13] It is drawing showing the beam sensing element of the example 12 of this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing the relation between the distance from the core of the hologram component of drawing 13 , and a grid pitch.

[Drawing 15] It is drawing showing signs that the incident light profile of Gaussian distribution is changed into a uniform beam profile using the beam sensing element of drawing 13 .

[Drawing 16] It is drawing showing the beam sensing element of the example 13 of this invention.

[Drawing 17] In the beam sensing element of drawing 16 , it is drawing showing the relation between the distance from the core of the 2nd hologram component, and a grid pitch.

[Drawing 18] It is drawing showing the beam sensing element of the example 14 of this invention.

[Drawing 19] In the beam sensing element of drawing 18 , it is drawing showing the relation between the distance from the core of the 2nd hologram component, and a grid pitch.

[Drawing 20] It is drawing showing the beam sensing element of the example 15 of this invention.

[Drawing 21] It is drawing showing the beam sensing element of the example 16 of this invention.

[Drawing 22] It is drawing showing the beam sensing element of the example 17 of this invention.

[Drawing 23] It is drawing showing the configuration from which the beam sensing element of drawing 22 differs.

[Drawing 24] It is drawing showing the beam sensing element of the example 18 of this invention.

[Drawing 25] It is drawing showing the beam sensing element of the example 19 of this invention.

[Drawing 26] It is drawing showing the configuration from which the beam sensing element of drawing 25 differs.

[Drawing 27] It is drawing showing the aligner of the example 20 of this invention.

[Drawing 28] It is drawing showing the laser beam machine of the example 21 of this invention.

[Drawing 29] It is drawing showing the projection device of the example 21 of this invention.

[Drawing 30] It is drawing showing the conventional special lens from which intensity distribution change into a uniform beam the beam which has roughness and fineness in intensity distribution.

[Description of Notations]

1, 6, 11, 16, 21 -- A beam sensing element, 2, 7, 12, 17 -- The 1st hologram component, 3, 8, 13, 18 -- 4 The 2nd hologram component, 9 -- The laser beam of Gaussian distribution, 5 10 -- The laser beam of homogeneity intensity distribution, 14, 19, 24 -- Array light of Gaussian distribution, 15, 20, 25 -- The array light of homogeneity intensity distribution, 26, 33, 40, 46 -- Illumination-light study system, 27 47 -- The laser array light source, 28 -- A collimate lens array, 29, 36, 43, 50 -- Beam sensing-element section, 30, 37, 48, 51 -- 31 A lens array, 38 -- Condensing lens, 32, 39, 45, 54 -- 34 The irradiated section, 41 -- The light source, 35, 42, 44, 63 -- Hologram component, 49, 52, 53 -- 55 A cylindrical lens, 61 -- Projection device, 56 -- A laser light source, 57 -- An illumination-light study system, 58, 65, 67 -- Light valve, 59 -- 60 A color composition component, 68 -- A projector lens, 62 -- Laser array light source, 64 -- The beam sensing-element section, 65 -- The flux of light composition section, 66 -- Field lens, 81, 88, 97, 111, 117, 131,136,142,147 -- Beam sensing element, 82,112,132,143 -- A hologram component, 83, 91, 100, 113, 120, 133, 139,144,150,156 -- Irradiated section, 89 98,118,137,148,154 -- The 1st hologram component, 90 99,119,138,149,155 -- The 2nd hologram component, 151,157 -- A shield, 160 -- An aligner, 161,171,181 -- Laser light source, 162,172,182 [ -- A substrate stage, 170 / -- A laser beam machine, 173 / -- A lens, 174 / -- A work piece, 180 / -- A projection device, 183 / -- A light valve, 184 / -- Projector lens. ] -- A beam sensing element, 163 -- A reticle, 164 -- A projection lens, 165

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-202414

(P2002-202414A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 5/32		G 0 2 B 5/32	2 H 0 4 9
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	E 2 H 0 5 2
G 0 2 B 19/00		G 0 2 B 19/00	2 H 0 9 7
27/09		G 0 3 B 21/00	E 2 K 0 0 8
G 0 3 B 21/00		21/14	Z 4 E 0 6 8
審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-118995(P2001-118995)

(22) 出願日 平成13年4月18日 (2001.4.18)

(31) 優先権主張番号 特願2000-326422(P2000-326422)

(32) 優先日 平成12年10月26日 (2000.10.26)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 宮垣 一也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

(72) 発明者 亀山 健司

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

(74) 代理人 100079843

弁理士 高野 明近 (外2名)

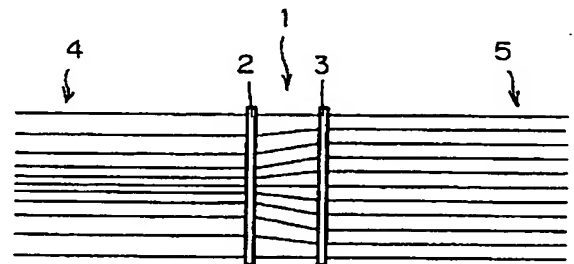
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビーム変換素子、該ビーム変換素子を用いた照明光学系、露光装置、レーザ加工機及び投射装置

(57) 【要約】

【課題】 特殊な断面形状のレンズを用いず、ホログラム素子を用いて、強度分布がガウシアン分布を有するビームを均一な平行ビームに変換する。

【解決手段】 ビーム変換素子1は、互いに平行配置された第1のホログラム素子2と第2のホログラム素子3からなる。第1のホログラム素子2は、凹レンズの機能を有し、中心に近づくほど焦点距離の長さが小さく、第2のホログラム素子3は凸レンズの機能を有し、中心に近づくほど焦点距離が小さい。第1のホログラム素子2によってレーザ光4の中心部付近の強度の強い光線は大きく発散され、周辺部にいくにしたがって第1のホログラム素子2による発散角は小さくなる。これらの光線は、第2のホログラム素子3によって均一な強度分布のビーム5となる。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 平行配置された第1ホログラム素子と第2ホログラム素子からなり、前記第1ホログラム素子は凹レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が大きく、前記第2ホログラム素子は凸レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が小さいことを特徴とするビーム変換素子。

【請求項2】 前記第1ホログラム素子と前記第2ホログラム素子は、斜入射系となるように配置されていることを特徴とする請求項1記載のビーム変換素子。

【請求項3】 前記第1ホログラム素子と前記第2ホログラム素子のホログラムパターンは、それぞれアレイ状に形成されていることを特徴とする請求項1または2記載のビーム変換素子。

【請求項4】 請求項2記載のビーム変換素子が複数個アレイ状に配列されていることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項5】 レーザ光源と、コリメートレンズと、請求項1乃至4いずれか記載のビーム変換素子と、レンズアレイからなることを特徴とする照明光学系。

【請求項6】 前記コリメートレンズは、コリメート機能を有するホログラム素子からなることを特徴とする請求項5記載の照明光学系。

【請求項7】 前記レンズアレイは、レンズアレイ機能を有するホログラム素子からなることを特徴とする請求項5または6記載の照明光学系。

【請求項8】 レーザアレイ光源と、ビーム変換素子部と、ホモジナイザからなる照明光学系において、前期レーザアレイ光源は発光部がライン状に配列され、前記ビーム変換素子部は前記レーザアレイ光源のアレイ厚さ方向のみにレンズ機能を有し、第1ホログラム素子と第2ホログラム素子で形成され、前記第1ホログラム素子は凹レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が大きく、前記第2ホログラム素子は凸レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が小さいことを特徴とする照明光学系。

【請求項9】 請求項5乃至8いずれか記載の照明光学系と、ライトバルブと、投射レンズからなることを特徴とする投射装置。

【請求項10】 ホログラム素子からなるビーム変換素子であって、前記ホログラム素子の入射面または入射光軸と回折光軸を含む面での格子ピッチPは、前記ホログラム素子に入射される入射ビームの中心からの距離をxとすると

$$P = A + Bx + C \sin(Dx)$$

ただし、A、C、Dは0以外の定数、Bは0を含む定数で表される変調ピッチであることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項11】 第1のホログラム素子と第2のホログラム素子で構成されるビーム変換素子であって、前記第

2

1のホログラム素子の格子ピッチPは請求項10に記載された変調ピッチPが形成され、前記第2のホログラム素子の格子ピッチは前記第2のホログラム素子からの回折角が一定になるように格子ピッチが設定されることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項12】 請求項11記載のビーム変換素子において、前記第2のホログラム素子の回折光の光軸が前記第1のホログラム素子への入射光軸と平行であることを特徴とするビーム変換素子。

10 【請求項13】 請求項10記載のビーム変換素子において、前記入射ビームの直径もしくは幅をWとし、前記入射ビームの前記ホログラム素子への入射角を $\theta$ 、前記ホログラム素子の平均的な回折角を $\psi$ とすると、前記ホログラム素子から被照射部までの入射光軸に沿った距離Lは、

$$L \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項14】 請求項12記載のビーム変換素子において、入射ビームの直径もしくは幅をWとし、前記入射ビームの前記第1のホログラム素子への入射角を $\theta$ 、前記ホログラム素子の平均的な回折角を $\psi$ とすると、前記第1のホログラム素子から前記第2のホログラム素子への入射光軸に沿った距離L1と、前記第2のホログラム素子から前記被照射部までの入射光軸に沿った距離L2は、

$$L1 \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

$$L2 \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項15】 請求項10乃至請求項14いずれか記載のビーム変換素子において、前記ホログラム素子の格子パターンがホログラム基板上に所定の繰り返し周期で形成されたことを特徴とするビーム変換素子。

【請求項16】 請求項10乃至請求項14いずれか記載のビーム変換素子において、前記ホログラム素子がアレイ状に配列されたことを特徴とするビーム変換素子。

【請求項17】 請求項11または請求項12記載のビーム変換素子において、前記第1及び第2のホログラム素子がアレイ状に配列されるか、またはホログラム基板に格子パターンがアレイ状に形成されており、隣接する出射ビームの間に遮蔽板が配置され、前記第2のホログラム素子から被照射部までの入射光軸に沿った距離Lは、前記入射ビームの直径もしくは幅をWとし、前記第1のホログラム素子の平均的な回折角を $\psi$ とすると、

$$L \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とするビーム変換素子。

【請求項18】 少なくともレーザ光源と、請求項10乃至請求項17いずれか記載のビーム変換素子と、投影レンズからなることを特徴とする露光装置。

【請求項19】 少なくともレーザ光源と、請求項10乃至請求項17いずれか記載のビーム変換素子と、集光

50

(3)

3

レンズからなることを特徴とするレーザ加工機。

【請求項20】 少なくともレーザ光源と、請求項10乃至請求項17いずれか記載のビーム変換素子と、空間変調ライトバルブと、投射レンズからなることを特徴とする投射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ビーム変換素子及びこれを用いた照明光学系、露光装置、レーザ加工機及び投射装置に関し、さらに詳しくは、レーザ光のビーム強度分布を平坦化させるビーム変換素子及びレーザ光を光源とし被照射部を均一に照明する照明光学系、露光装置、レーザ加工機、レーザ光を光源とする照明光学系を用いた投射装置に関し、プロジェクタ、レーザ加工、ステッパ等多くの技術分野への応用に適したものである。

【0002】

【従来の技術】1998年9月28日付け日経産業新聞に、ビーム強度分布を変換することができる特殊レンズに関する記事が記載されている。図30は、同記事に記載されている図で、図30に示された特殊レンズは、レンズの中央部が凹レンズ効果を有し、周辺部が凸レンズ効果を有するような特殊な断面形状を有し、強度分布に疎密があるビームを強度分布が均一なビームに変換することができる。しかし、強度分布に疎密があるビームを均一な強度分布の平行光線束に変換するのを、レンズで実施するにはレンズ形状の設計が困難であり、また特殊な断面形状の金型を作製するため高コストとなる。

【0003】また、特開平8-94839号公報には、第1のホログラムと第2のホログラムからなる光ビーム変換素子が記載されている。しかし、この光ビーム変換素子によれば、第1のホログラムの各ファセットからの光が第2のホログラムの全面に照射されるため、第2のホログラムで全ての光線を平行化させることは不可能である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来の技術に鑑みてなされたもので、強度分布に疎密がある光源からのビームを被照射部で均一な強度分布に、または、均一な強度分布の平行光線束に変換する変換素子に特殊な断面形状のレンズを用いることなく、ホログラム素子を用いて強度分布に疎密がある光源からのビームを被照射部で均一な強度分布に、または、均一な強度分布のビームに変換することができる光学変換素子、照明光学系及び投射装置を低コストで提供することを目的とする。また、各請求項の発明は次のような事項を目的とする。

【0005】(1) 強度分布がガウシアン分布を有するビームを強度分布が均一なビームに変換することを目的とする(請求項1)。

【0006】(2) 強度分布がガウシアン分布を有する

4

ビームを強度分布が均一なビームに変換することができ、ホログラム素子の作製に二光束干渉露光法を使用することができるようにすることを目的とする(請求項2)。

【0007】(3) レーザアレイ光源の各ガウシアン分布を有するビームを強度分布が均一なビームに変換することを目的とする(請求項3)。

【0008】(4) レーザアレイ光源の各ガウシアン分布を有するビームを強度分布が均一なビームに変換し、かつ小型な照明光学系にも使用可能であることを目的とする(請求項4)。

【0009】(5) レーザ光源のビームを被照射部に強度分布が均一となるように照明することを目的とする(請求項5)。

【0010】(6) レーザ光源のビームを被照射部に強度分布が均一となるように照明し、かつ照明光学系の小型化を可能とすることを目的とする(請求項6, 7)。

【0011】(7) 発光部がライン状に配列されたレーザアレイ光源のビームを被照射部に強度分布が均一となるように照明する照明光学系において、レーザアレイ光源のアレイ数が多くても照明光学系の設計が容易であることを目的とする(請求項8)。

【0012】(8) レーザ光源またはレーザアレイ光源を用いた投射装置を小型化し、高性能化することを目的とする(請求項9)。

【0013】(9) 回折格子を用いてガウシアンビームを均一強度に変換するデバイスで、回折格子の設計を容易にすることを目的とする(請求項10)。

【0014】(10) 回折格子を用いてガウシアンビームを均一強度に変換するデバイスで、回折格子の設計が容易であり、かつ、均一強度化された出射ビームがコリメートされることを目的とする(請求項11)。

【0015】(11) 回折格子を用いてガウシアンビームを均一強度に変換するデバイスで回折格子の設計を容易にし、均一強度化された出射ビームがコリメートされていて、かつ入射光と平行になることを目的とする(請求項12)。

【0016】(12) 回折格子を用いてガウシアンビームを均一強度に変換するデバイスで回折格子の設計を容易にし、かつ不要光を被照射部から外すことで、ガウシアンビームをさらに均一強度に変換することを目的とする(請求項13)。

【0017】(13) レーザアレイ光のそれぞれのガウシアンビームを均一強度のビームに変換することを目的とする(請求項14)。

【0018】(14) レーザアレイ光のそれぞれのガウシアンビームを均一強度のビームに変換し、かつビーム変換デバイスの小型化を目的とする(請求項15)。

【0019】(15) ホログラム設計の容易なビーム変換デバイスで、不要光を被照射部から外すことで、ガウ

50



(4)

5

シアンビームを均一強度に変換することができ、被照射部までの距離を短くすることを目的とする（請求項16）。

【0020】（16）低コストのビーム変換デバイスを用いた露光装置を提供することを目的とする（請求項17）。

【0021】（17）低コストのビーム変換デバイスを用いたレーザ加工機を提供することを目的とする（請求項18）。

【0022】（18）低コストのビーム変換デバイスを用いたレーザ光源を有する小型の投射装置を提供することを目的とする（請求項19）。

【0023】（19）放射照度均一性を高めた小型のビーム変換デバイスを用いた投射装置を提供することを目的とする（請求項20）。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記目的を達成するためになされたものであって、その第1の技術手段は、平行配置された第1ホログラム素子と第2ホログラム素子からなり、前記第1ホログラム素子は凹レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が大きく、前記第2ホログラム素子は凸レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が小さいビーム変換素子であることを特徴とする。

【0025】第2の技術手段は、第1の技術手段のビーム変換素子において、前記第1ホログラム素子と前記第2ホログラム素子は、斜入射系となるように配置されていることを特徴とする。

【0026】第3の技術手段は、第1または第2の技術手段のビーム変換素子において、前記第1ホログラム素子と前記第2ホログラム素子のホログラムパターンは、それぞれアレイ状に形成されていることを特徴とする。

【0027】第4の技術手段は、第2の技術手段のビーム変換素子が複数個アレイ状に配列されているビーム変換素子であることを特徴とする。

【0028】第5の技術手段は、レーザ光源と、コリメートレンズと、第1～4の技術手段のビーム変換素子と、レンズアレイからなる照明光学系であることを特徴とする。

【0029】第6の技術手段は、第5の技術手段の照明光学系において、前記コリメートレンズ部は、コリメート機能を有するホログラム素子からなることを特徴とする。

【0030】第7の技術手段は、第5または第6の技術手段の照明光学系において、前記レンズアレイは、レンズアレイ機能を有するホログラム素子からなることを特徴とする。

【0031】第8の技術手段は、レーザアレイ光源と、ビーム変換素子部と、ホモジナイザからなる照明光学系において、前期レーザアレイ光源は発光部がライン状に

6

配列され、前記ビーム変換素子部は前記レーザアレイ光源のアレイ厚さ方向のみにレンズ機能を有し、第1ホログラム素子と第2ホログラム素子で形成され、前記第1ホログラム素子は凹レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が大きく、前記第2ホログラム素子は凸レンズ機能を有しホログラムの中心に向かうほど焦点距離が小さい照明光学系であることを特徴とする。

【0032】第9の技術手段は、第5～8の照明光学系と、ライトバルブと、投射レンズからなる投射装置であることを特徴とする。

【0033】第10の技術手段は、ホログラム素子からなるビーム変換素子であって、前記ホログラム素子の入射面または入射光軸と回折光軸を含む面での格子ピッチPは、前記ホログラム素子に入射される入射ビームの中心からの距離をxとすると

$$P = A + Bx + C \sin(Dx)$$

ただし、A、C、Dは0以外の定数、Bは0を含む定数で表される変調ピッチであることを特徴とする。

【0034】第11の技術手段は、第1のホログラム素子と第2のホログラム素子で構成されるビーム変換素子であって、前記第1のホログラム素子の格子ピッチPは請求項10に記載された変調ピッチPが形成され、前記第2のホログラム素子の格子ピッチは前記第2のホログラム素子からの回折角が一定になるように格子ピッチが設定されることを特徴とする。

【0035】第12の技術手段は、第11の技術手段のビーム変換素子において、前記第2のホログラム素子の回折光の光軸が前記第1のホログラム素子への入射光軸と平行であることを特徴とする。

【0036】第13の技術手段は、第10の技術手段のビーム変換素子において、前記入射ビームの直径もしくは幅をWとし、前記入射ビームの前記ホログラム素子への入射角を $\theta$ 、前記ホログラム素子の平均的な回折角を $\psi$ とすると、前記ホログラム素子から被照射部までの入射光軸に沿った距離Lは、

$$L \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とする。

【0037】第14の技術手段は、第12の技術手段のビーム変換素子において、入射ビームの直径もしくは幅をWとし、前記入射ビームの前記第1のホログラム素子への入射角を $\theta$ 、前記ホログラム素子の平均的な回折角を $\psi$ とすると、前記第1のホログラム素子から前記第2のホログラム素子の入射光軸に沿った距離L1と、前記第2のホログラム素子から前記被照射部までの入射光軸に沿った距離L2は、

$$L1 \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

$$L2 \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とする。

【0038】第15の技術手段は、第10～14の技術手段のビーム変換素子において、前記ホログラム素子の

50



(5)

7

格子パターンがホログラム基板上に所定の繰り返し周期で形成されたことを特徴とする。

【0039】第16の技術手段は、第10～14の技術手段のビーム変換素子において、前記ホログラム素子がアレイ状に配列されたことを特徴とする。

【0040】第17の技術手段は、第11または12の技術手段のビーム変換素子において、前記第1及び第2のホログラム素子がアレイ状に配列されるか、またはホログラム基板上に格子パターンがアレイ状に形成されており、隣接する出射ビームの間に遮蔽板が配置され、前記第2のホログラム素子から被照射部までの入射光軸に沿った距離 $L$ は、前記入射ビームの直径もしくは幅を $W$ とし、前記第1のホログラム素子の平均的回折角を $\psi$ とすると、

$$L \geq W / \tan(\theta + \psi)$$

で表されることを特徴とする。

【0041】第18の技術手段は、少なくともレーザ光源と、第10～17の技術手段のビーム変換素子と、投影レンズからなる露光装置であることを特徴とする。

【0042】第19の技術手段は、少なくともレーザ光源と、第10～17の技術手段のビーム変換素子と、集光レンズからなるレーザ加工機であることを特徴とする。

【0043】第20の技術手段は、少なくともレーザ光源と、第10～17の技術手段のビーム変換素子と、空間変調ライトバルブと、投射レンズからなる投射装置であることを特徴とする。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1～29に示す実施例1～22に基づいて説明する。

（実施例1）図1は、実施例1のビーム変換素子を示す図である。実施例1のビーム変換素子1は、第1のホログラム素子2と第2のホログラム素子3から構成され、両者は互いに平行に配置される。第1のホログラム素子2は、凹レンズの機能を有するが、中心に近づくほど焦点距離が大きいく（凹レンズの焦点距離は負の値なので、焦点距離が大きいくということは焦点距離の長さが小さいことになる）、レンズの周辺に近づくほど焦点距離が小さくなるように設計されている。第1のホログラム2は、例えば計算機ホログラムの作製方法で作製可能である。第2のホログラム素子3は凸レンズの機能を有するが、中心に近づくほど焦点距離が小さく、周辺に近づくほど焦点距離が大きくなるように設計されている。第2のホログラム素子3も計算機ホログラムによって作製可能である。

【0045】図1に示すビーム変換素子1は、向かって左側からレーザ光4が第1のホログラム素子2に入射する。通常、レーザ光のビームプロファイルはガウシアン分布（Gaussian Distribution）で、ビームの中心が強度が高く、ビームの周辺に近づくにしたがって指数関数

8

的に光強度が減少する。図1に示すレーザ光4もガウシアン分布であり、図1では光強度の強い領域ほど線と線の間隔を狭く描いている。第1のホログラム素子2によってレーザ光4の中心部付近の強度の強い光線は焦点距離が大きいく（焦点距離の長さが小さい）レンズ作用を受けて大きく発散される。レーザ光4の周辺部にいくにしたがって第1のホログラム素子2による発散角は小さくなる。これらの光線は、第2のホログラム素子3によって平行光束となる。そして、第1のホログラム素子2から第2のホログラム素子3に向かう光は重なり合うことなく第2のホログラム素子3に入射させるため、第2のホログラム素子3から透過される光を平行化させることが設計上可能になる。したがって、第1、第2のホログラム素子2、3によって、ガウシアンビームをコリメート光で、かつ放射照度を均一化したビーム5に変換することができる。

【0046】（実施例2）図2は、実施例2のビーム変換素子を示す図である。実施例2のビーム変換素子6は、平行配置された第1のホログラム素子7と第2のホログラム素子8で構成される。第1のホログラム素子7は、凹レンズ機能と偏向機能を有する。第1のホログラム素子7の中心部付近は焦点距離が大きいく（焦点距離の長さが小さく）、かつ光軸が所定の方向に偏向される。第1のホログラム素子7の周辺に近づくほど、その凹レンズ機能の焦点距離が小さく（焦点距離の長さが大きくなる）ように設計される。一方、第2のホログラム素子8は、凸レンズ機能と偏向機能を有する。第2のホログラム素子8の中央に近づくほど凸レンズの焦点距離が小さく、周辺に向かうにしたがって焦点距離が大きくなるように設計されている。

【0047】第1のホログラム素子7に入射するレーザ光9はその強度分布がガウシアン分布であり、中央部付近の強度が高く、ビームの周辺に向かうにしたがって指数関数的に光強度が減少する。図2では強度の強い領域ほど線と線の間隔を狭くして表している。ガウシアン分布のレーザ光9の中央付近は、第1のホログラム素子7の中央部付近の偏向機能と凹レンズ機能によって進行方向が変わり、かつ発散される。ガウシアン分布のレーザ光9の周辺ほど発散の度合いが小さくなっている。これらのビームが第2のホログラム素子8に入射されると、凸レンズ機能と偏向機能によって図2に示すように平行光束化し、かつ強度分布が均一なレーザ光10に変換される。

【0048】実施例2のような斜入射系のホログラムを用いることによって、図12に示すような二光束干渉露光法でホログラムを作製することができる。垂直入射ホログラムを用いることによっても、二光束干渉露光法は可能であるが、効率の良いホログラムの作製は困難である。斜入射系のホログラムでは図12のようにホログラム記録材料の基板74の片側から二つの光束を重ねるこ

(6)

9

とができる。ところが、二光束干渉で垂直入射タイプのホログラムを作製するには基板74の両側から光束を照射するため、基板74の裏面による多重反射によってホログラムの効率や特性が低下する。したがって、本構成の場合、2つのホログラム素子からなるビーム変換素子の作製自由度が高くなることになる。

【0049】(実施例3)図3は、実施例3のビーム変換素子を示す図である。実施例3のビーム変換素子11は、第1のホログラム素子12と第2のホログラム素子13で構成される。入射光はアレイ光14であり、例えば、レーザアレイ光源からのレーザ光である。図3では2つのビームのみ表示しているが、アレイ数はいくつであっても構わない。第1のホログラム素子12は入射光であるアレイ光14のアレイ数に対応する領域のホログラムが施されている。図3では2つのビームに合わせて、第1のホログラム素子12には2つの領域にホログラムを施している。同様に、第2のホログラム素子13も入射ビームのアレイ光14に合わせた領域にホログラムが施されている。各領域のホログラムの構成は、実施例1に記載されるホログラムと同じであるので説明を省略する。実施例3の構成によって、各々がガウシアンビームであるアレイ光14をそれぞれビーム変換し、強度均一化されたアレイ光15が得られる。

【0050】(実施例4)図4は、実施例4のビーム変換素子を示す図である。実施例4のビーム変換素子16は、第1のホログラム素子17と第2のホログラム素子18で構成される。入射光19はアレイ光であり、例えばレーザアレイ光源からのレーザ光である。図4では2つのビームのみ表示しているが、アレイ数はいくつであっても構わない。第1のホログラム素子17は入射光であるアレイ光19のアレイ数に対応した領域数のホログラムが施されている。図4では2つのビームにあわせて、第1のホログラム素子17には2つの領域にホログラムが施される。同様に、第2のホログラム素子18も入射ビーム数に合わせたホログラムが施されている。各領域のホログラムの構成は実施例2のビーム変換素子に用いられるホログラムと同じ構成であるので説明を省略する。

【0051】実施例4のビーム変換素子によって、各々がガウシアンビームであるアレイ光19をそれぞれ強度均一化されたビーム変換し、強度均一化されたアレイ光20が得られる。また、実施例4に使われる第1、第2のホログラム素子17、18は計算機ホログラム以外にも二光束干渉露光法で作製することも可能である。二光束干渉露光法でホログラムを作製するには、図12に示すように、レーザ光75をハーフミラー69(またはビームスプリッタ)で2分する。一方のビームは必要ならミラー70で反射させ、ホログラム記録材料の基板74に照射される。もう一方のビームは必要ならミラー71で反射させ、レンズ72で集光させホログラム記録材料

10

の基板74に照射する。ホログラム記録材料の基板74の直前にはマスク73を配置させ、必要な領域だけを露光させるようにする。その領域に適した焦点距離となるようにレンズ72を適宜交換することによって、ホログラム素子の焦点距離を変えることができる。さらに、レンズ72の焦点位置をホログラム記録材料の基板74の手前に(図12に示す配置)するとホログラム素子は凹レンズ機能を有し、焦点位置が記録材料74の先にあれば凸レンズ機能をもたせることになる。

【0052】(実施例5)図5は、実施例5のビーム変換素子を示す図である。実施例5のビーム変換素子21は、第1のホログラム素子22a、22b、…と第2のホログラム素子23a、23b、…で構成される。図5に示したビーム変換素子21は2セットのホログラム素子であるが、入射されるアレイ光24の数に合わせる。入射されるアレイ光24は、まず第1のホログラム素子22a、22bで回折される。各々の第1ホログラム素子22a、22bは凹レンズ機能を有し、各素子の中心に近づくほど焦点距離が大きい凹レンズ機能を有する。第2のホログラム素子23a、23bは凸レンズ機能を有し、各ホログラム素子の中心ほど焦点距離が短い凸レンズ機能を有する。

【0053】実施例5のビーム変換素子21の構成によって、強度分布がガウシアン分布のアレイ光24は、2枚のホログラム素子22a、22bで回折させた結果、光強度が均一化される。この動作が全てのアレイ光24で動作されるので、結果的にレーザアレイ光24を全て均一ビームのアレイ光25に変換させることができる。また、斜入射系のホログラムであるため、二光束干渉露光法でも、計算機ホログラムでも作製が可能である。さらに、ホログラム素子をアレイ状に配置させるため、ビーム変換素子部21の入射光軸方向の長さを小さくまとめることができる。

【0054】(実施例6)図6は、本発明の実施例6の照明光学系を示す図である。実施例6の照明光学系26は、レーザアレイ光源27と、コリメートレンズアレイ28と、ビーム変換素子部29と、レンズアレイ30と、コンデンサレンズ31で構成され、被照射部32を照射する。コリメートレンズアレイ28は、必ず備えなければならないものではなく、ビーム変換素子部29のホログラム素子の設計と配置によって、コリメートレンズアレイ28を省略することができる。具体的には、第1のホログラム素子に入射する光を発散光で設計し、さらに、レーザアレイ光源27の各アレイからの発散光が重ならないうちに第1のホログラム素子に入射するように配置させればよい。また、コンデンサレンズ31は必ずしも必要ではなく、レンズアレイ30にコンデンサレンズ31の機能を持たせることも可能である。

【0055】ビーム変換素子部29には、実施例3~5のビーム変換素子11、16、21を用いることができ

(7)

11

る。実施例6の照明光学系26によって、レンズアレイ30に入射される各ビームは照度が均一化されている。レンズアレイ30とコンデンサレンズ31によって各ビームを被照射部32に照射している。均一化されている各ビームを被照射部32で重ね合わせるため、被照射部32でも均一な照度分布が得られる。さらに、レーザアレイ光源27の各ビームは被照射部32全体を各々照明するため、レーザアレイ光源27の各アレイ間で光強度のばらつきがあったとしても、被照射部32で均一な照明となる。

【0056】(実施例7)図7は、本発明の実施例7の照明光学系を示す図である。実施例7の照明光学系33は、光源34と、コリメートレンズ機能を有するホログラム素子35と、ビーム変換素子部36と、レンズアレイ37、コンデンサレンズ38で構成され、被照射部39を照射する。光源34は一本のレーザでもレーザアレイ光源でも良い。レーザアレイ光源の場合にはホログラム素子35やビーム変換素子部36はアレイ状にホログラムが形成される。

【0057】光源34からの各ビームは、ホログラム素子35で各々平行光束化される。この段階では平行光束化されただけで、それぞれのビームにはガウシアン強度分布であり、このビームがビーム変換素子部36に入射する。光源34が一本のレーザであるならビーム変換素子部36は、実施例1または2のビーム変換素子1, 6を使用し、レーザアレイ光源なら実施例3~5のビーム変換素子11, 16, 21を用いる。ビーム変換素子の機能によって各々のビームは均一照度分布のビームに変換される。レンズアレイ37とコンデンサレンズ38によって、それぞれの均一ビームを被照射部39に重ね合わせる。したがって、被照射部39でも均一な照度が得られる。ホログラム素子35の機能は、ビーム変換素子部36に持たせることも可能である。実施例7の照明光学系33によって、レーザ光源もしくはレーザアレイ光源を被照射部39に均一照明することができる。さらに、ホログラム素子35はビーム変換素子部36のホログラムに集約することも可能であるため、さらに小型の照明光学系を実現することができる。

【0058】(実施例8)図8は、本発明の実施例8の照明光学系を示す図である。実施例8の照明光学系40は、光源41と、コリメートレンズ機能を有するホログラム素子42と、ビーム変換素子部43と、各光束を合成するホログラム素子44で構成され、被照射部45を照射する。光源41は一本のレーザでもレーザアレイ光源でもよい。レーザアレイ光源の場合にはホログラム素子42, 44やビーム変換素子部43はアレイ状にホログラムが形成される。光源41からの各ビームはホログラム素子42で各々平行光束化される。この段階では平行光束化されただけで、それぞれのビームにはガウシアンの強度分布である。このビームがビーム変換素子部4

12

3に入射する。光源41が一本のレーザならビーム変換素子は実施例1または2のビーム変換素子1, 6を使用し、レーザアレイ光源なら実施例3~6記載のビーム変換素子11, 16, 21を用いることができる。ビーム変換素子の機能によって各々のビームは均一照度分布のビームになる。ホログラム素子44は、これ一枚で図7に示すレンズアレイ37とコンデンサレンズ38の組み合わせの機能を有する。

【0059】実施例8の照明光学系40によって、レーザ光源もしくはレーザアレイ光源を被照射部45に均一照明することができる。さらに、ホログラム素子42, 44はどちらか一方、または両方をビーム変換素子部43のホログラムに集約することも可能であるため、さらに小型の照明光学系を実現することができる。

【0060】(実施例9)図9は、本発明の実施例9の照明光学系を示す図で、図9(A)は正面図、図9

(B)は平面図である。実施例9の照明光学系46は、レーザアレイ光源47と、レンズアレイ48と、シリンドリカルレンズ49と、ビーム変換素子部50と、レンズアレイ51、シリンドリカルレンズ52, 53で構成され、被照射部54を照射する。レーザアレイ光源47は、レーザ発振部がライン状に配列されている。レンズアレイ48はコリメートレンズアレイで示されているが、レーザアレイ厚さ方向にはレンズパワーを持たないシリンドリカルレンズアレイでもよい。ビーム変換素子部50は、レーザアレイの厚さ方向のガウシアン分布特性を均一なビームに変換する機能を有する。レンズアレイ51とシリンドリカルレンズ52はレーザアレイ光源47のアレイ方向成分のホモジナイザである。すなわち、レーザアレイ47のアレイ方向に(図9(A)の紙面内方向に)平行光束化されたアレイ光をシリンドリカルレンズアレイ48の分割数だけ分割し、シリンドリカルレンズ52で各々を被照射部54で重ね合わせる。シリンドリカルレンズ53はレーザアレイ47のアレイ厚さ方向のビームを被照射部54に合わせるためのレンズである。図9(B)で、ビーム変換素子部50からのビームが既に被照射部54の形状に合っているなら、シリンドリカルレンズ53は必要ではない。また、シリンドリカルレンズ49も特に必要ではない。シリンドリカルレンズ49のない場合には、入射光が発散光であることを考慮したビーム変換素子部50を設計すればよい。

【0061】レンズアレイ48はレーザアレイ光源47のアレイ数に一致する。レンズアレイ51はレーザアレイ数よりも好ましくは少なくし、かつレーザアレイ数の約数ではない分割数を選ぶ。被照射部54でレンズアレイ51の各アレイでのビーム強度が重ね合わさることになるが、アレイ数の約数でないために、各ビーム強度分布の位相がずれて重ね合わさり、均一化される。実施例9の照明光学系46によって、ビーム変換素子部50のホログラム設計は光源のアレイ数に依存することなく設

(8)

13

計することができる。また、ホモジナイザ部は光源のアレイ数ほどの分割数にしなくても均一照明が可能である。したがって設計、作製がさらに容易になる。

【0062】（実施例10）図10は、本発明の実施例10の投射装置を示す図である。実施例10の投射装置55は、レーザ光源56r、56g、56bと、照明光学系57r、57g、57bと、ライトバルブ58r、58g、58bと、色合成素子59と投射レンズ60で構成される。レーザ光源56r、56g、56bが各々1本のレーザ光の場合には、照明光学系57r、57g、57bは、実施例1または2のビーム変換素子1、6を用いることができる。また、レーザ光源56r、56g、56bがアレイである場合、照明光学系57r、57g、57bには実施例3～5のビーム変換素子11、16、21が用いられる。ライトバルブ58r、58g、58bには、例えば液晶ライトバルブを用いることができる。投射レンズの瞳に効率よく光を導くために、各ライトバルブ58r、58g、58bの直前にフィールドレンズを配置してもよい。実施例10の投射装置55によって、ライトバルブ58r、58g、58b上で均一照度が得られ、投射レンズ60によってスクリーン（図示せず）上で照度均一化を図ることができる。

【0063】（実施例11）図11は、本発明の実施例11の投射装置を示す図である。実施例11の投射装置61は、レーザアレイ光源62r、62g、62bを3枚ならべ、かつ単板のライトバルブ67を用いた例である。レーザアレイ光源62r、62g、62bの直後にはコリメートレンズもしくはコリメートレンズ機能を有\*

$$P=A+Bx+C\sin(Dx)$$

ただし、A、C、Dは0以外の定数、Bは0を含む定数。例えば、入射光が円形のガウシアンビームであるとき、Aは入射光軸が通過する場所の格子ピッチを表す。Bは図13において、ビームの両端の格子ピッチの差とホログラム領域の長さの比に関係する値である。Cは正弦波関数の重み付けで、Dはホログラム領域の中心から端までを半周期とするパラメータである。

【0066】定数A、B、C、Dの範囲は次の通りである。Aは入射光の波長によって異なるが、概ね、 $0 < A < 20 (\mu\text{m})$ である。B、C、Dはホログラム素子のホログラム面の大きさや被照射部との相対位置によって異なるが、概ね、 $-2 < B < 2 (\mu\text{m})$ 、 $-1 < C < 1 (\mu\text{m})$ 、 $-0.3 < D < 0.3 (\text{rad}/\mu\text{m})$ である。

【0067】図14は、定数A、B、C、Dの具体例として

$$\begin{aligned} A &= 0.5 (\mu\text{m}), \\ B &= 6.84 \times 10^{-5} (\mu\text{m}), \\ C &= -7.1 \times 10^{-3} (\mu\text{m}), \\ D &= 1.37 \times 10^{-2} (\text{rad}/\mu\text{m}) \end{aligned}$$

としたときの、ホログラム素子の中心からの距離と格子

14

\*するホログラム素子63r、63g、63bが配置され、これらはビーム変換素子部64r、64g、64b、光束合成部65r、65g、65b、（必要なら）フィールドレンズ66、ライトバルブ67、投射レンズ68で構成される。ビーム変換素子部64r、64g、64bには実施例3～5のビーム変換素子11、16、21が使われる。光束合成部65r、65g、65bは、レンズアレイとコンデンサレンズで構成してもよいし、またホログラム素子で構成してもよい。実施例11の投射装置61の構成によれば、レーザ光源を使用した小型の投射装置を実現することができる。

【0064】（実施例12）図13は、実施例12のビーム変換素子を示す図である。実施例12のビーム変換素子81は、ホログラム素子82と被照射部83からなり、ホログラム素子82に強度分布が不均一なビーム86が入射される。入射光はレーザ光が最も均一化しやすいが、もとのビームより均一化されれば良い程度ならレーザ光以外のビームでも良い。例えば発光ダイオードやインコヒーレントの単色光でも良い。ただし、ビームの中心に向かって光線強度が高くなるガウシアンビームもしくはガウシアンに近いビームプロファイルを有する入射光である必要がある。ホログラム素子82の設計は次のように行う。

【0065】入射光軸84と回折光軸85を含む面（図13の紙面に平行で入射光の中心を通る平面）でホログラム素子82を切った断面の格子ピッチが（式1）を満たすようにする。

（式1）

ピッチの関係を示す図であり、図15は図13のビーム変換素子を用いてガウシアン分布の入射光プロファイルが均一なビームプロファイルに変換される様子を示す図である。図15に示すように、図13面内において、入射角30度の入射ビーム（ガウシアン分布）が光線強度の均一化されたビームに変換される。この設計を図13の紙面に非平行な方向にも行うことで被照射部83では円形で光線強度が均一になる。

【0068】ホログラムの作製は、例えば電子ビーム描画機などを使い、いわゆる計算機ホログラムを作製するときに、（式1）を用いて格子ピッチを数値指定することができる。このため、ホログラムの作製も容易になる。この加工法によって表面レリーフを量産するための金型の原型、もしくは、体積ホログラム量産用のマスターホログラムを作ることが可能である。このため本発明によって低コストのビーム変換素子を実現できる。

【0069】（実施例13）図16は、実施例13のビーム変換素子を示す図であり、図17は、第2のホログラム素子の中心からの距離と格子ピッチの関係を示す図である。実施例13のビーム変換素子88は、第1のホログラム素子89と第2のホログラム素子90で構成さ

(9)

15

れる。第1のホログラム素子89は(式1)で表される変調ピッチが形成される。第1のホログラム素子89で回折された光95は、実施例12の説明の通り、ガウシアンプロファイルの入射光94の中央付近は第2のホログラム素子90上で広がり、入射光の周辺からの光ほど第2のホログラム素子90上で圧縮される。第2のホログラム素子90の格子ピッチは、例えば図17で表される。この例は、第1のホログラム素子89として図16に示された格子を用いたときに、第2のホログラム素子90からの出射光96の回折角が15度でコリメート光として出射される場合である。図16の例では第1のホログラム素子89は入射光92に対し傾いているが、垂直に配置しても変調ピッチは設計可能である。

【0070】二枚のホログラム素子を用いてガウシアンビームをコリメート光として均一強度にできるため、被照射部91と第2のホログラム素子90との距離が変わっても均一性は保持される。このため、ビーム変換素子88と被照射部91の距離を任意に設定でき設置の自由度が高い。

【0071】(実施例14) 図18は、実施例14のビーム変換素子97を示す図であり、図19は、第2のホログラム素子の中心からの距離と格子ピッチの関係を示す図である。図18に示すように、実施例14のビーム変換素子97は、第1のホログラム98素子と第2のホログラム素子99で構成され、入射光103と出射光105の光軸101、102が平行となるようにホログラムを設計する。すなわち、例えば第1のホログラム素子98が図14に示される格子ピッチであるとき、第2のホログラム素子99は図19に示す変調ピッチにすれば良い。図19は第2のホログラム素子99が入射光103に対して垂直に配置された場合の格子ピッチである。第1のホログラム素子98の格子ピッチの設計値から第2のホログラム素子99への各光線の入射角は決まるため、第2のホログラム素子99からの回折光105が入射光103と平行となるように回折角度が決められるので第2のホログラム素子99の格子ピッチが求められる。

【0072】2枚のホログラム素子を用いてガウシアンビームをコリメート光として均一放射照度にできるため、被照射部100と第2ホログラム素子99との距離が変化しても放射照度の均一性は保持される。このため、被照射部100までの距離を自由に選ぶことができる。これに加えて、入射光軸101と出射光軸102が平行になるため、本発明のビーム変換素子を光学系の一部に利用する場合にその他の光学系を設計しやすくなる。図18では第1のホログラム素子98と第2のホログラム素子99が非平行であるが、平行であっても両ホログラム素子の格子ピッチは設計可能である。両ホログラム素子が平行な配置であれば第1のホログラム素子98からの回折光が第2のホログラム素子99に入力され

16

る場所では第1のホログラム素子98の格子ピッチと同じになる。

【0073】(実施例15) 図20は、実施例15のビーム変換素子を示す図である。実施例15のビーム変換素子111は、ホログラム素子112と被照射部113があり、(式1)で表される変調ピッチのホログラム素子112からの回折光115によって被照射部113が均一照明される。ホログラム素子112の変調ピッチの設計は実施例12に説明された通りである。ホログラム素子112の端部から被照射部113の端までの入射光軸に沿った距離Lを(式2)に示される様に配置する。

$$L \geq W / \tan(\theta + \psi) \quad (\text{式2})$$

ここで、Wは入射ビームの直径もしくは入射面内のビームの幅を表し、 $\theta$ はホログラム素子112への入射角、 $\psi$ はホログラム素子の平均的な回折角である。

【0074】本構成によってホログラム素子112で回折せず透過した光116は被照射部113を外れる。従って、被照射部113でのビームの均一性が良好になる。図示しないが、被照射部113がホログラム素子112と平行であっても良く、さらにはホログラム素子112と被照射部113がともに入射光軸に垂直に配置されていても式2の関係を保った距離Lを設定すれば、被照射部113から不要光であるホログラム透過光116を外すことができる。図示しないが、後述の実施例17、18においてホログラム素子をアレイ状に配列させたビーム変換デバイスの場合でも(式2)を満たすようにホログラム素子から被照射部までの距離を設定することによって不要な透過光を被照射部から外すことが可能である。

【0075】(実施例16) 図21は、実施例16のビーム変換素子を示す図である。実施例16のビーム変換素子は、第1のホログラム素子118と第2のホログラム素子119で構成される。第1のホログラム素子118はその格子が(式1)で表される変調ピッチを有し、入射光121は第2ホログラム素子119によってさらに回折され、入射光軸と平行となり、かつコリメート光123で出力される。図21のように第1のホログラム素子118と第2のホログラム素子119の入射光軸に沿った距離L1を(式3)で示される距離とし、

$$L1 \geq W / \tan(\theta + \psi) \quad (\text{式3})$$

さらに、第2ホログラム素子119から被照射部120までの入射光軸に沿った距離L2を(式4)で示される距離に設定する。

$$L2 \geq W / \tan(\theta + \psi) \quad (\text{式4})$$

【0076】本構成によれば、第1のホログラム素子118から回折されずに透過する光124が被照射部120から外れ、さらには第1ホログラム素子118で回折されて第2ホログラム素子119で回折されずに透過する光125が被照射部120から外れる。このため、第1のホログラム素子118と第2のホログラム素子11

(10)

17

9で共に回折された光123のみが被照射部120に到達する。このためフレア光の無い設計通りの均一性の高いコリメート光が得られる。L1、L2がそれぞれ(式3)、(式4)を満たす最小の距離を選ぶことによって小型のビーム変換素子が得られる。

【0077】(実施例17)図22は、実施例17のビーム変換素子を示す図である。実施例17のビーム変換素子131は、ホログラム素子132によってレーザアレイ光134を被照射部133に均一照明する。図22ではガウシアンビームが2本で構成されるのでホログラム素子132には同じ格子パターンが2つあることになる。レーザアレイの数や配列方向に合わせて格子パターンを作製すればアレイ数は任意である。なお、格子パターンが同じパターンがアレイ状に配列されるには、ホログラムの基板132と被照射部133が平行である必要がある。図示しないが、ホログラム基板132と被照射部133が非平行の場合には格子パターンはアレイごとに異なる。

【0078】図23は、実施例17のビーム変換素子の異なる構成を示す図である。ビーム変換素子136は、第1のホログラム素子137と第2のホログラム素子138で構成される。第1のホログラム素子137に施されるアレイ状の格子パターンは各々(式1)で表される変調ピッチを有する。第2のホログラム素子138は第1のホログラム素子と平行にしている。このため、両ホログラム素子ともに格子パターンは全て同じパターンをアレイ状に配列させれば良い。また、図23では第2ホログラム素子138と被照射部139は非平行であるが、平行であっても第2ホログラム素子138を設計することは可能である。本発明によってアレイ光ごとにガウシアンビームのレーザアレイ光を被照射部139で均一な放射照度にする事ができる。

【0079】(実施例18)図24は、実施例18のビーム変換素子を示す図である。実施例18のビーム変換素子142は、ホログラム素子143a、143bがアレイ状に配列される。ガウシアンビームの特性を持つレーザアレイ光145に合わせてホログラム素子アレイ143a、143bを配置する。図23のように入射ビームに対してホログラム素子を傾ける場合にはアレイ数が多くなるとホログラム素子(図23の137、138)が光軸方向に長くなる。本構成のようにホログラム素子を配列させれば光軸方向の厚さをコンパクトにする事ができる。

【0080】(実施例19)図25は、実施例19のビーム変換素子を示す図である。実施例19のビーム変換素子147は、第1のホログラム素子148aと第2のホログラム素子149a、同様に148bと149b、148cと149cがそれぞれ1組のビーム変換素子を構成する。これらがアレイ状に配列されている。ビーム変換素子によって入射アレイ光の1本のビーム152a

18

のガウシアン分布が均一な放射照度に変換される。隣接する出射ビーム153a、153b、153cの間には遮蔽板151a、151bが配置される。第1のホログラム素子148aの回折光のうち第2のホログラム素子149aで回折されずに透過した光(図25で点線で示した光)は遮蔽版151aによって被照射部150に届かない。この遮蔽板151a、151bがアレイ状に配置されるため、被照射部150では均一な放射照度分布が得られる。さらに、これら遮蔽板151a、151bを置くことによって第2のホログラム素子149aから被照射部150までの入射光軸に沿った距離Lは、第1のホログラム素子148aへの入射角を $\theta$ 、1本の入射ビームの直径もしくは幅をW、第1のホログラム素子148aの平均的回折角を $\psi$ とすると(式2)を満たせば良い。仮に、遮蔽板が配置されず、入射ビームの本数がmとすれば、第2のホログラム素子149aからの不要光を被照射部150から外すには、

$$L \geq mW / \tan(\theta + \psi)$$

に必要がある。したがって本発明によってm分の1に被照射部との距離を短くすることができる。なお、図25では入射光のビームは3本であるが、アレイ数は2以上ならいくつであっても本発明の効果が得られる。

【0081】図26は、実施例19のビーム変換素子の變形であって、ホログラム基板上に格子パターンをアレイ状に形成された2枚のホログラム素子154、155と遮蔽板157で構成される実施例を示している。この例でも、入射光の一つのビーム158aが第1のホログラム素子154と第2のホログラム素子155によって放射照度が均一化され(159a)被照射部156に向かうが、第2のホログラム素子155で透過した光(点線で示される光)は遮蔽板157でカットされ被照射部156には届かない。図26では入射光のビームが2本の例を示しているが、アレイ数は2以上ならいくつであっても本発明の効果が得られる。本発明によって、ガウシアンプロファイルを有するアレイ光を均一放射強度にすることができ、かつ、このデバイスと被照射部までの距離を短くすることができる。

【0082】(実施例20)図27は、実施例20の露光装置を示す図である。実施例20の露光装置160は、レーザ光源161、実施例12～19で説明したいずれかのビーム変換素子162、レチクル163、投影レンズ164、基板ステージ165等から構成されている。レーザ光源161からのガウシアン分布の強度がビーム変換素子162で均一放射照度となりレチクル163を照明する。レチクル163のパターンが基板ステージ165上に置かれたウエハに露光される。図示しないが、レーザ光源161とビーム変換素子162の間に、コリメートレンズを配置しても良い。また、レーザ光源によっては、ビームを拡大して平行光束化させる光学系を使っても良い。設計しやすいホログラム素子で構成さ



(11)

19

れた、放射照度均一性を高めた小型のビーム変換素子を用いた露光装置を提供できる。

【0083】（実施例21）図28は、実施例21のレーザ加工機を示す図である。実施例21のレーザ加工機170は、レーザ光源171、実施例12～19で説明したいずれかのビーム変換素子172、レンズ173、ワーク174等からなる。本発明のレーザ加工機170は、レーザ光源171からのレーザ光をビーム変換素子172で均一ビームに変換し、レンズ173でワーク174に集光される。集光スポットによってワーク174の表面加工や切断加工ができる。また、レンズ173を投影レンズに置きかえるか、もしくは被照射部が直接ワークとする配置では、ワークの広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用できる。図示しないが、レーザ光源171とビーム変換素子172の間に、コリメートレンズを配置しても良い。また、レーザ光源171によっては、ビームを拡大して平行光束化させる光学系を使っても良い。設計しやすいホログラム素子を用いたり、放射照度均一性を高めた小型のビーム変換素子を用いたレーザ加工機を提供できる。

【0084】（実施例22）図29は、実施例22の投射装置を示す図である。実施例22の投射装置180は、レーザ光源181、実施例12～19で説明したいずれかのビーム変換素子182、ライトバルブ183、投射レンズ184等で構成される。レーザ光のガウシアン分布強度のビームがビーム変換素子182で均一強度のビームに変換され、ライトバルブ183で空間変調された画像を投射レンズ184でスクリーン（図では省略）に投影する。ライトバルブ183は例えば液晶素子を用いることができる。図示しないが、レーザ光源181とビーム変換素子182の間に、コリメートレンズを配置しても良い。また、レーザ光源181によっては、ビームを拡大して平行光束化させる光学系を使っても良い。設計しやすいホログラム素子を用いたり、放射照度均一性を高めた小型のビーム変換素子を用いた投射装置を提供できる。

【0085】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば特殊な断面形状のレンズを用いることなしに、強度分布に疎密があるビームを被照射部で均一強度分布に変換、または、均一強度分布のコリメート光に変換するビーム変換素子、照明光学系及び投射装置を提供することができる。

【0086】（1）請求項1の発明によれば、2枚のホログラムを用いることによって、ガウシアン分布を持つレーザ光のビームをコリメート光で、均一な強度分布のビームに変換することができる。

【0087】（2）請求項2の発明によれば、斜入射系のホログラム素子を用いることによって、作製法の自由度が高くなるビーム変換素子が得られる。

20

【0088】（3）請求項3の発明によれば、2枚のホログラム素子にアレイ状にビーム変換パターンを作製することによって、レーザアレイ光の各々のガウシアン分布を均一強度分布のビームに変換することができる。

【0089】（4）請求項4の発明によれば、レーザアレイ光をすべて均一強度分布のビームに変換させることができる光学系であるので、ホログラム作製の自由度が高く、ビーム変換部の厚さを小さくすることができる。

【0090】（5）請求項5の発明によれば、請求項1～4のいずれかのビーム変換素子を用いて照明光学系を形成したので、ガウシアン分布を有するレーザ光を被照射部に均一に照明することができる。また、レーザ光源としてレーザアレイ光源を用いた場合においても、各ビームは被照射部全体を各々照明するため、各アレイ間で光強度のばらつきがあったとしても被照射部で均一な照明とすることができる。

【0091】（6）請求項6の発明によれば、コリメート機能のホログラム素子はビーム変換素子部のホログラムに集約することも可能であるため、さらに小型の照明光学系を実現することができる。

【0092】（7）請求項7の発明によれば、コリメート機能及びビーム合成用のホログラム素子はどちらか一方、または両方をビーム変換素子部のホログラムに集約することも可能であるため、さらに小型の照明光学系を実現することができる。

【0093】（8）請求項8の発明によれば、ビーム変換素子部のホログラム設計は光源のアレイ数に依存することなく設計できる。また、ホモジナイザ部は光源のアレイ数ほどの分割数にしなくても均一に照明することができる。

【0094】（9）請求項9の発明によれば、レーザ光源を用いた小型の投射装置を実現することができる。

【0095】（10）請求項10の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンビームを均一化させる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで作製が容易なビーム変換素子を実現することができる。

【0096】（11）請求項11の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンビームを均一化させる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで作製が容易で、さらに変換された光がコリメートされているためビーム変換デバイスと被照射部の距離を任意に設定でき設置の自由度が高いビーム変換素子を実現することができる。

【0097】（12）請求項12の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンビームを均一化させる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで作製が容易で、さらに変換された光がコリメートされているためビーム変換素子と被照射部の距離を任意に設定でき設置の自由度が高く、かつ、入射光と

(12)

21

変換後の光軸が平行なので他の光学系に用いるとき利用しやすいビーム変換素子を実現することができる。

【0098】(13)請求項13の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンビームを均一化させる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで作製が容易で、放射照度の均一化に寄与しない透過光を被照射部から外すことができ、放射照度均一化が良好なビーム変換素子を実現することができる。

【0099】(14)請求項14の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンビームを均一化させる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで作製が容易で、放射照度の均一化に寄与しない透過光を被照射部から外すことができ、放射照度均一化が良好になり、変換後のビームをコリメート光として取り出せるのでビーム変換素子と被照射部の距離を任意に設定でき設置の自由度が高いビーム変換素子を実現することができる。

【0100】(15)請求項15の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンプロファイルのアレイビームを放射照度均一化できる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで容易に作製できるビーム変換素子を実現することができる。

【0101】(16)請求項16の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンプロファイルのアレイビームを放射照度均一化できる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで容易に作製でき、ビーム変換素子の光軸方向の厚さをコンパクトにできるビーム変換素子を実現することができる。

【0102】(17)請求項17の発明によれば、ホログラム素子によってガウシアンプロファイルのアレイビームを放射照度均一化できる変調ピッチを簡単な式で表せるため設計しやすく、計算機ホログラムで容易に作製でき、遮蔽板によって隣接されたホログラム素子からの不要光を被照射部から除去できる小型のビーム変換素子を実現することができる。

【0103】(18)請求項18の発明によれば、設計しやすいホログラム素子で構成され、放射照度均一性を高くした小型のビーム変換素子を用いた露光装置を実現することができる。

【0104】(19)請求項19の発明によれば、設計しやすいホログラム素子で構成され、放射照度均一性を高くした小型のビーム変換素子を用いたレーザ加工機を実現することができる。

【0105】(20)請求項20の発明によれば、設計しやすいホログラム素子で構成され、放射照度均一性を高くした小型のビーム変換素子を用いた投射装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1のビーム変換素子を示す図である。

22

【図2】 本発明の実施例2のビーム変換素子を示す図である。

【図3】 本発明の実施例3のビーム変換素子を示す図である。

【図4】 本発明の実施例4のビーム変換素子を示す図である。

【図5】 本発明の実施例5のビーム変換素子を示す図である。

【図6】 本発明の実施例6の照明光学系を示す図である。

【図7】 本発明の実施例7の照明光学系を示す図である。

【図8】 本発明の実施例8の照明光学系を示す図である。

【図9】 本発明の実施例9の照明光学系を示す図である。

【図10】 本発明の実施例10の投射装置を示す図である。

【図11】 本発明の実施例11の投射装置を示す図である。

【図12】 斜入射系のホログラムを用いた二光束干渉露光法でホログラムを作製する装置を示す図である。

【図13】 本発明の実施例12のビーム変換素子を示す図である。

【図14】 図13のホログラム素子の中心からの距離と格子ピッチの関係を示す図である。

【図15】 図13のビーム変換素子を用いてガウシアン分布の入射光プロファイルが均一なビームプロファイルに変換される様子を示す図である。

【図16】 本発明の実施例13のビーム変換素子を示す図である。

【図17】 図16のビーム変換素子において、第2のホログラム素子の中心からの距離と格子ピッチの関係を示す図である。

【図18】 本発明の実施例14のビーム変換素子を示す図である。

【図19】 図18のビーム変換素子において、第2のホログラム素子の中心からの距離と格子ピッチの関係を示す図である。

【図20】 本発明の実施例15のビーム変換素子を示す図である。

【図21】 本発明の実施例16のビーム変換素子を示す図である。

【図22】 本発明の実施例17のビーム変換素子を示す図である。

【図23】 図22のビーム変換素子の異なる構成を示す図である。

【図24】 本発明の実施例18のビーム変換素子を示す図である。

【図25】 本発明の実施例19のビーム変換素子を示す図である。



(13)

23

す図である。

【図26】 図25のビーム変換素子の異なる構成を示す図である。

【図27】 本発明の実施例20の露光装置を示す図である。

【図28】 本発明の実施例21のレーザ加工機を示す図である。

【図29】 本発明の実施例21の投射装置を示す図である。

【図30】 強度分布に疎密があるビームを強度分布が均一なビームに変換する従来の特殊レンズを示す図である。

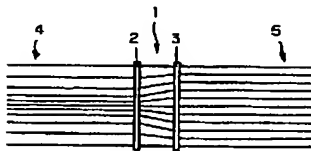
【符号の説明】

1, 6, 11, 16, 21…ビーム変換素子、2, 7, 12, 17…第1のホログラム素子、3, 8, 13, 18…第2のホログラム素子、4, 9…ガウシアン分布のレーザ光、5, 10…均一強度分布のレーザ光、14, 19, 24…ガウシアン分布のアレイ光、15, 20, 25…均一強度分布のアレイ光、26, 33, 40, 46…照明光学系、27, 47…レーザアレイ光源、28 20…コリメートレンズアレイ、29, 36, 43, 50…ビーム変換素子部、30, 37, 48, 51…レンズア

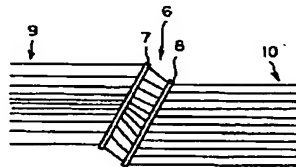
24

レイ、31, 38…コンデンサレンズ、32, 39, 45, 54…被照射部、34, 41…光源、35, 42, 44, 63…ホログラム素子、49, 52, 53…シリンドリカルレンズ、55, 61…投射装置、56…レーザ光源、57…照明光学系、58, 65, 67…ライトバルブ、59…色合成素子、60, 68…投射レンズ、62…レーザアレイ光源、64…ビーム変換素子部、65…光束合成部、66…フィールドレンズ、81, 88, 97, 111, 117, 131, 136, 142, 147…ビーム変換素子、82, 112, 132, 143…ホログラム素子、83, 91, 100, 113, 120, 133, 139, 144, 150, 156…被照射部、89, 98, 118, 137, 148, 154…第1のホログラム素子、90, 99, 119, 138, 149, 155…第2のホログラム素子、151, 157…遮蔽板、160…露光装置、161, 171, 181…レーザ光源、162, 172, 182…ビーム変換素子、163…レチクル、164…投影レンズ、165…基板ステージ、170…レーザ加工機、173…レンズ、174…ワーク、180…投射装置、183…ライトバルブ、184…投射レンズ。

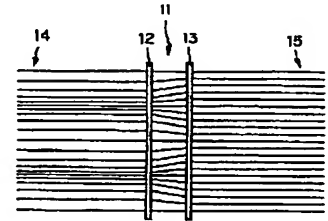
【図1】



【図2】

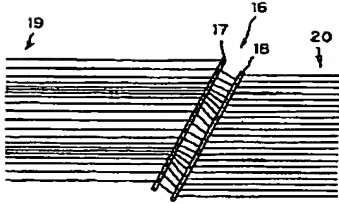


【図3】

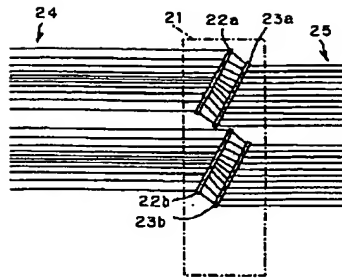


(14)

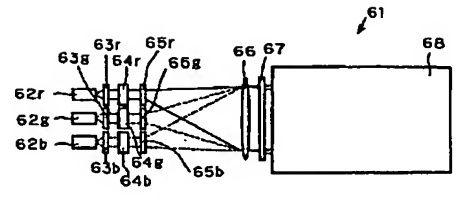
【図4】



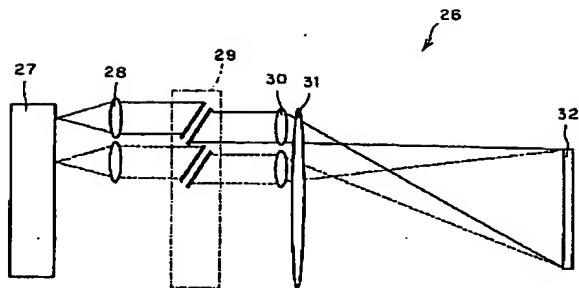
【図5】



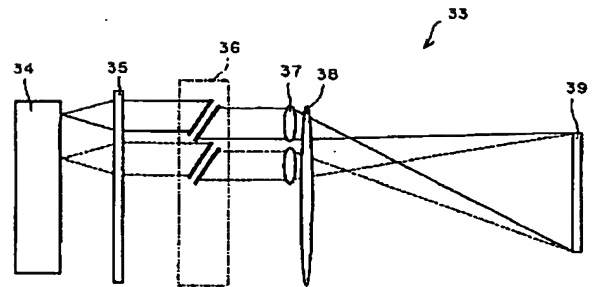
【図11】



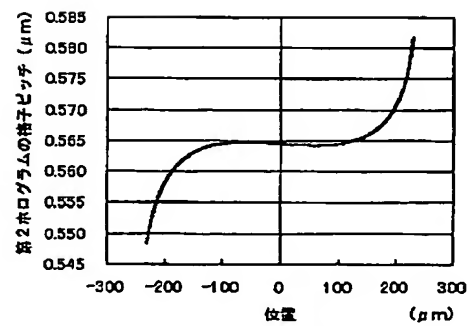
【図6】



【図7】

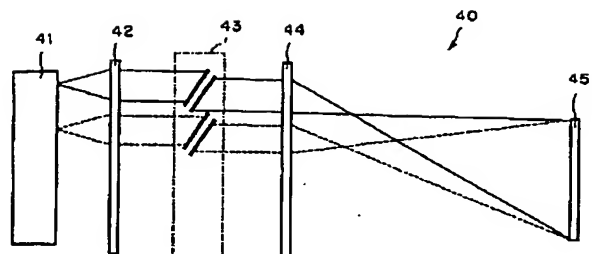


【図19】

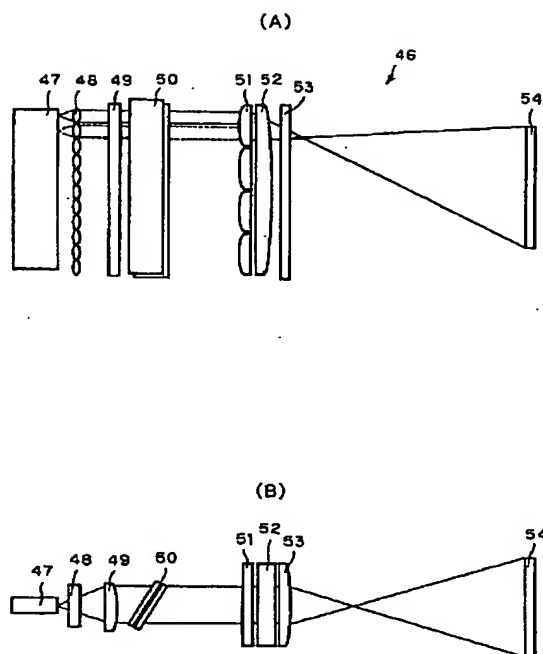


(15)

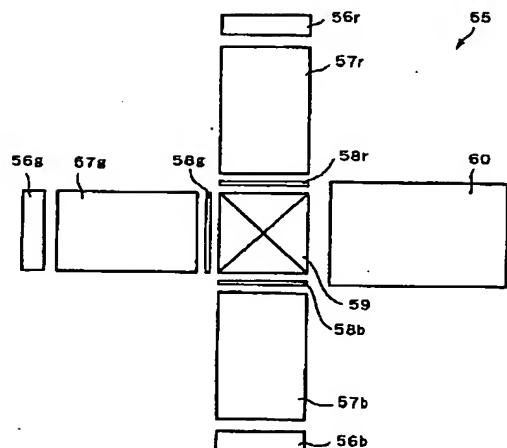
【図8】



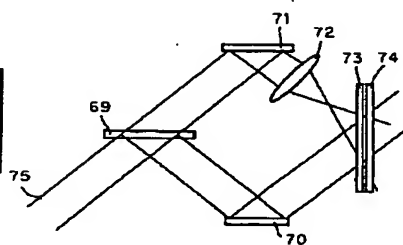
【図9】



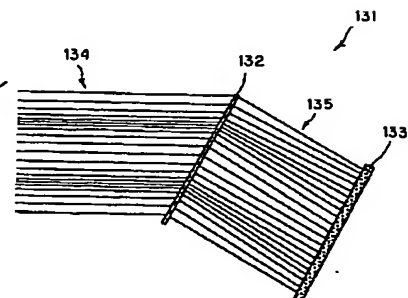
【図10】



【図12】

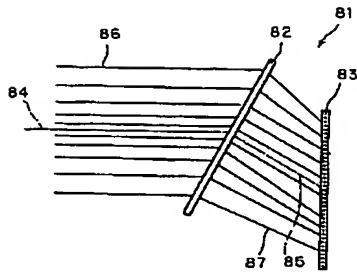


【図22】

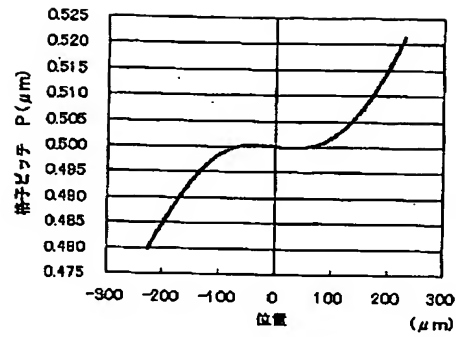


(16)

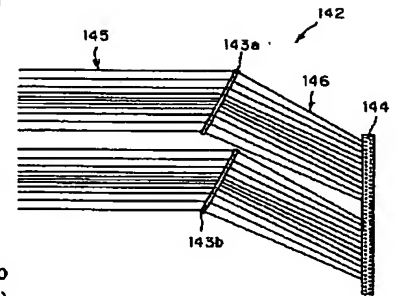
【図13】



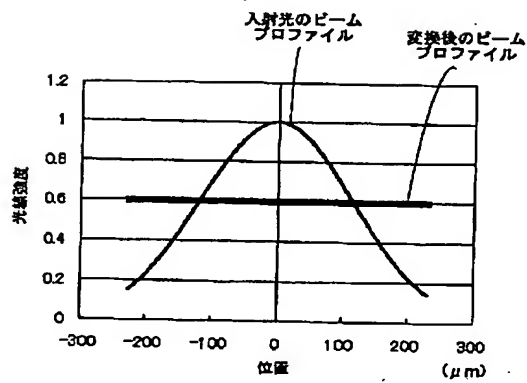
【図14】



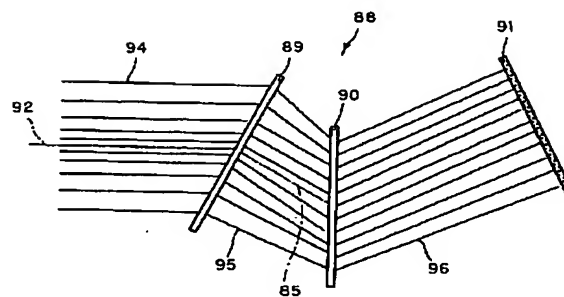
【図24】



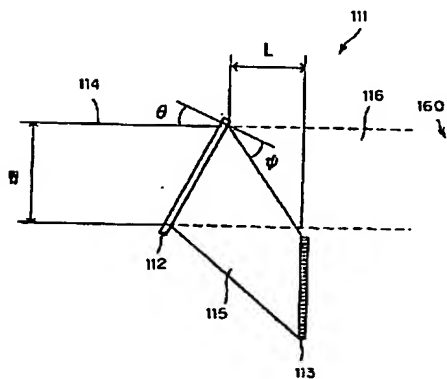
【図15】



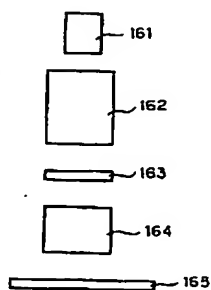
【図16】



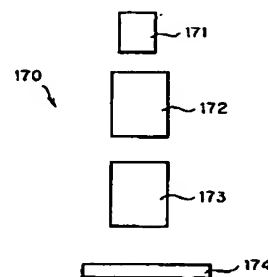
【図20】



【図27】

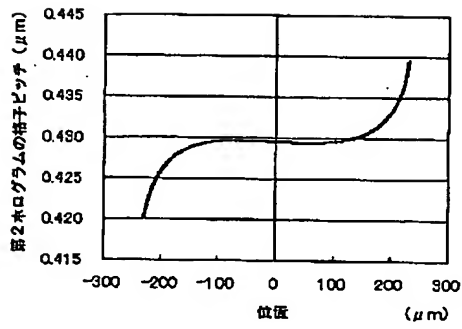


【図28】

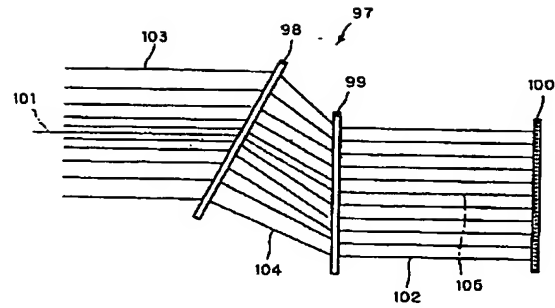


(17)

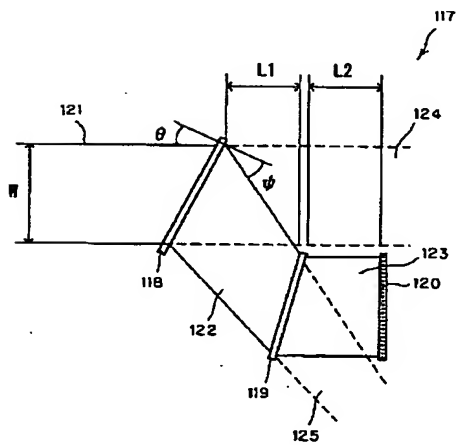
【図17】



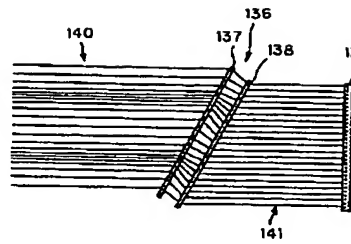
【図18】



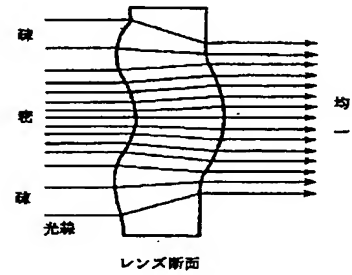
【図21】



【図23】

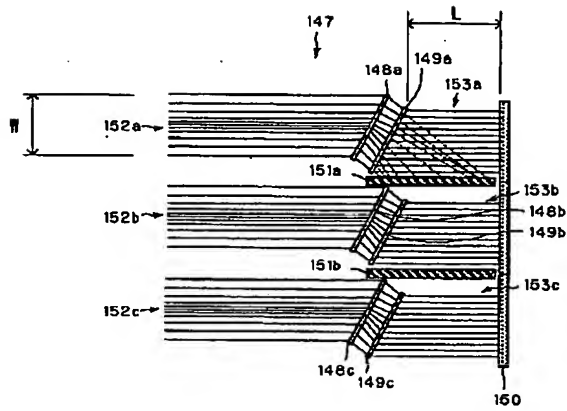


【図30】

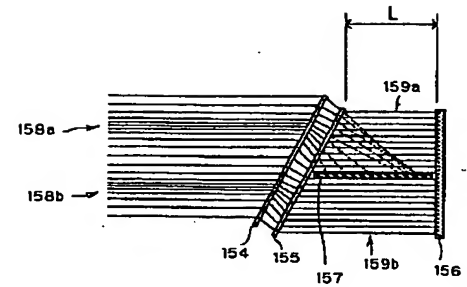


(18)

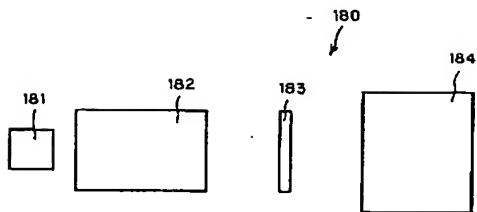
【図25】



【図26】



【図29】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

G 0 3 B 21/14

G 0 3 F 7/20

7/22

G 0 3 H 1/04

H 0 1 L 21/027

5 0 5

F I

G 0 3 F 7/20

7/22

G 0 3 H 1/04

H 0 1 L 21/30

G 0 2 B 27/00

ターマコード (参考)

5 0 5 5 F 0 4 6

H

5 2 7

E

(19)

(72) 発明者	加藤 幾雄	F ターム (参考)	2H049 CA05 CA08 CA09 CA18 CA22
	東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式		CA28
	会社リコー内		2H052 BA02 BA09 BA12 BA14
(72) 発明者	逢坂 敬信		2H097 AA03 AB09 BA10 CA17 EA01
	東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式		GB01 LA10
	会社リコー内		2K008 AA10 EE01 FF27 HH01
(72) 発明者	滝口 康之		4E068 CD05 CD08 CD13
	東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式		5F046 BA03 CB01 CB12 CB23
	会社リコー内		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**